

Erkka Koivisto

RAKENNUSPROJEKTIN TOTEUTTAMINEN PUHDASRAKENTAMISEN MENETELMIN

Rakennetun ympäristön tiedekunta
Diplomityö
Elokuu 2019

TIIVISTELMÄ

Erkka Koivisto: Rakennusprojektin toteuttaminen puhdasrakentamisen menetelmin
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikka
Elokuu 2019

Puhdasrakentaminen on rakentamista puhtaista ja kuivista materiaaleista pölyttömin menetelmin. Puhdasrakentamisessa pölyntorjunnalla ja kosteudenhallinnalla on vahva yhteys. Tämän diplomityön tavoitteena oli selvittää, millaisilla toimenpiteillä varmistetaan puhtaudenhallinta rakennushankkeessa. Tutkimuksessa selvitettiin kirjallisuusselvityksen avulla asetusten ja ohjeiden vaikutus puhtaudenhallintaan, työmaalla käytettävät pölyntorjuntamenetelmät sekä kosteudenhallinnan vaikutus puhtauteen. Puhdasrakentamisen toteutusta työmaan näkökulmasta tutkittiin lisäksi case-kohteen avulla. Kohteessa työskennelleiden hankkeen avainhenkilöiden kokemuksia ja näkemyksiä selvitettiin teemahaastatteluiden avulla. Tulokset muodostettiin analysoimalla kerättyä aineistoa.

Sisäilmastoluokitus 2018 -ohjekortti on tärkein puhtaudenhallintaan liittyvä dokumentti. Sisäilmastoluokat S1 ja S2 edellyttävät rakennustöiden puhtausluokka P1:n käyttöä. Sisäilmastoluokitus 2018:ssa määritellään sisäilmaston tavoitearvot ja menetelmät niihin pääsemiseksi. Kyseinen ohjekortti tulee liittää urakkasopimuksen liitteeksi. Rakennusliikkeen tulee selvittää tilaajan asettamat puhtaudenhallinnan tavoitteet ennen tarjouksen antamista. Puhtausluokka P1 huomioidaan suunnittelussa ja se on käytössä koko rakennushankkeen ajan.

Puhtausluokkaa P1 noudattavalla työmaalla puhtaudeltaan eritasoiset tilat erotetaan toisistaan lohkojaolla. Lohkoilla työskennellään yleensä ammattiryhmä kerrallaan. Puhtausluokka P1 vaikuttaa erityisesti ilmanvaihtoasennuksiin. Likaantumisen estämiseksi ilmanvaihtoasennukset tehdään pölyä tuottavien töiden jälkeen, eli tasoite- ja maalaustyöt on pääosin tehtävä ensin. Ilmanvaihtoasennukset tehdään pölyttömässä tilassa.

Pölyntorjuntamenetelmiä ovat osastointi, osastojen paineistus, korkeapaineinen- ja matalapaineinen kohdepoisto sekä ilmanpuhdistus. Osastointien avulla estetään pölyn siirtyminen lohkojen välillä. Osastorajoina käytetään olemassa olevien rakenteiden lisäksi muovisia tai levyrakenteisia suojaseiniä. Ali- tai ylipaineistuksella tehostetaan pölyntorjuntaa osastolla. Korkeapaineinen kohdepoisto on tehokkain pölyntorjuntamenetelmä. Sitä hyödynnetään liittämällä työkoneet rakennusimureihin. Matalapaineista kohdepoistoa käytetään, kun pölyä ei voida poistaa työkoneiden avulla. Ilmanpuhdistukseen käytetään samoja alipaineistajia kuin osastoinnissa ja matalapaineisessa kohdepoistossa, mutta suodatettu ilma palautuu samaan tilaan.

Puhtausluokassa P1 käytetään kaksivaiheista loppusiivousta. Suojaukset poistetaan ja pinnat pestään ennen toimintakokeita, jotta ilmanvaihtojärjestelmään ei pääse epäpuhtauksia. Toimintakokeiden jälkeen alakatot suljetaan ja rakennus puhdistetaan luovutusvalmiuteen. Rakennuksen ja ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus varmistetaan pintapölymittauksin.

Puhtausluokka P1:n merkittävin hyöty on rakennuksen ja sen ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus luovutushetkellä sekä rakentamisen kohentunut työturvallisuus. Rakennuksen käyttäjät eivät altistu rakentamisesta peräisin oleville epäpuhtauksille.

Kosteudenhallinnan tärkein menetelmä on kosteusrasituksen vähentäminen sääsuojauksin ja vedenpoistoilla. Kuivatuksessa käytetään lämmitystä, ilmanvaihtoa ja ilmankuivausta. Rakentamisessa noudatetaan kuivaketjua. Rakenteiden pinnoittaminen edellyttää hyväksytyjä kosteusmittauksia.

Puhtausluokka P1 vähentää kosteusriskejä. Pölyttömät pinnat edistävät kuivumista. Hyvässä pölyntorjunnassa ja kosteudenhallinnassa on paljon yhteisiä toimenpiteitä, joten pölynhallinta- ja kosteudenhallintasuunnitelmat kannattaa laatia rinnakkain.

Avainsanat: puhdasrakentaminen, puhtausluokka P1, pölyntorjunta, kosteudenhallinta

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Erkka Koivisto: Implementation of a construction project using clean construction methods
Master's Theses
Tampere University
Civil Engineering
August 2019

Clean construction means constructing using clean and dry materials and dust-free methods. At the clean construction there is a strong connection between dust control and moisture control. The aim of this master's thesis was to find out what methods are being taken to ensure purity control in a construction project. The effect of regulations and instructions on purity control, dust control methods used on site and the effect of moisture control on purity were examined by literature study. Clean construction from the point of view of the site was examined with a case study. The experiences and views of the project's key personnel were examined through theme interviews. The results were generated by analyzing the collected material.

Classification of Indoor Environment 2018 is the most important document for purity control. Indoor environment categories S1 and S2 require the use of construction cleanliness class P1. Classification of Indoor Environment 2018 defines indoor environment target values and methods to reach them. This standard must be attached to the contract. The construction company must determine the purity control objectives set by the owner of a building project before submitting the tender. Cleanliness class P1 is considered in design and it is in use throughout the construction project.

The spaces of a different level of cleanliness are separated from each other by dividing them to sections. Usually there is only one professional group working at a time in the section. Cleanliness class P1 especially affects the installations of the ventilation system. To prevent contamination, the ventilation system is installed when the dust-producing work is done, which means that smoothing and painting must be mostly finished. The ventilation system must be installed in a dust-free section.

Dust control methods include partitioning, pressurization of partitions, high-pressure and low-pressure local exhaust, and air purification. Partitioning prevents dust from transferring between the sections. In addition to existing structures, plastic or plasterboard walls are used for partitioning. Under-pressurization or over-pressurization improves dust control in the partition. High-pressure local exhaust is the most effective dust control method. It is utilized by attaching power tools to vacuum cleaners. Low-pressure local exhaust is used when dust cannot be removed by power tools. The same under-pressuring equipment is used for air purification as for pressurizing partitions, but the filtered air returns to the same space.

There is two-stage builder clean is the cleanliness class P1. Protective covers are removed, and surfaces are washed before test-run of the ventilation system. That prevents dust from entering the ventilation system. After the test-runs, the ceilings are closed, and the building is cleaned up for final level on purity. The cleanliness of the building and ventilation system is ensured by measuring the amount of surface dust.

The most significant benefit of the cleanliness class P1 is the cleanliness of the finished building and its ventilation system, as well as better construction safety. The occupants of the building are not exposed to impurities from construction.

The most important method of humidity control is to reduce moisture stress by weather protection and dewatering. Heating, ventilation and air drying are used for drying out. The dry chain is followed in the construction. Application of finishing materials requires approved moisture measurements from structures.

Cleanliness class P1 reduces moisture risks. Dust-free surfaces dry faster. There are plenty of common measures in good dust control and humidity control, so it's a good idea to draft dust control plan and moisture control plan together.

Keywords: clean construction, cleanliness class P1, dust control, moisture control

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Diplomityöni kirjoittaminen oli hyvän aiheen ansiosta kiinnostava, joskin haastava prosessi. Tutkimuksen teon aikana pääsin hyödyntämään yliopisto-opiskelussa kehittyneitä tiedon soveltamistaitoja ja työmailla hankittua näkemystä. Kirjoitusprosessin yhdistäminen työskentelyyn oli ajankäytöllisesti haastavaa, mutta kirjoittamisesta oli hyötyä työssäni ja päinvastoin. Tutkimuksen aikana Tampereen teknillinen yliopisto yhdistyi Tampereen yliopiston kanssa. Myös diplomityön tilaajan nimi vaihtui yrityskauppojen myötä Salpausselän Rakentajat Oy:stä Pallas Rakennus Päijät-Häme Oy:ksi.

Kiitokset työn aiheesta kuuluvat Tapio Kuljulle ja ohjauksesta Olli Teriölle. Haastatteluihin suostuneilla oli valtava merkitys työn lopputuloksessa. Erityiskiitos kaikille diplomityön tekemisessä kannustaneille.

Lahdessa, 3.7.2019

Erkka Koivisto

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoite ja rajaukset	1
1.3	Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen suoritus	2
2.	PUHDAS RAKENTAMISTAPA.....	4
2.1	Lähtökohdat puhdasrakentamiselle	4
2.2	Asetukset ja ohjeet	5
2.2.1	Työturvallisuus.....	5
2.2.2	Sisäilmastoluokitus	5
2.2.3	Puhtausluokitus	6
2.2.4	Rakennusmateriaalien päästöluokitus.....	9
2.2.5	Ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokitus	10
2.3	Puhtausmittaukset	11
2.3.1	Olosuhteiden mittaus	11
2.3.2	Pölyn mittaus	11
2.3.3	Mikrobien mittaus.....	13
2.4	Pölyntorjunta	16
2.4.1	Korkeapaineinen kohdepoisto	16
2.4.2	Matalapaineinen kohdepoisto ja ilmanpuhdistus	19
2.4.3	Osastointi ja alipaineistus.....	20
2.4.4	Rakennussiivous.....	23
2.4.5	Puhtausluokan P1 erityispiirteitä	26
2.5	Kosteudenhallinta	27
2.5.1	Kosteus puhtausriskinä.....	27
2.5.2	Kuivaketju	28
3.	TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUKSEN SUORITUS.....	32
3.1	Kirjallisuusselvitys.....	32
3.2	Teemahaastattelu.....	32
3.3	Tutkimuksen suoritus.....	33
4.	CASE-KOHDE	35
4.1	Perustiedot	35
4.2	Puhtaudenhallinnan suunnittelu.....	35
4.3	Puhtaudenhallinnan toteutus	38
4.4	Puhtausluokka P1 rakentamisessa	43
4.5	Kosteudenhallinta	48

5.	TULOKSET	49
5.1	Pölyntorjunta	49
5.2	Kosteudenhallinta	56
6.	POHDINTA	58
6.1	Tulosten tarkastelu	58
6.2	Tutkimuksen tarkastelu	59
6.3	Jatkotutkimusehdotukset	60
	LÄHTEET	61
	LIITE A: HAASTATTELU 1	65
	LIITE B: HAASTATTELU 2	70
	LIITE C: HAASTATTELU 3	74
	LIITE D: HAASTATTELU 4	78
	LIITE E: HAASTATTELU 5	84

1. JOHDANTO

1.1 Tausta

Puhdasrakentamisen menetelmien avulla nostetaan rakentamisen laatua. Puhdasrakentamisella pyritään hyvän rakentamistavan vähimmäistasoa parempaan lopputulokseen. Puhtaudella on terveysvaikutuksia rakennuksen käyttäjiin ja rakentajiin. Puhdas rakentamista vaikuttaa rakentamisen aikatauluun, työntekijöiden viihtyvyyteen ja rakennushankkeen osapuolten väliseen yhteistyöhön. Rakennusliikkeen tulee ymmärtää tilaajan tavoitteet ja niiden toteuttamiseen tarvittavat toimenpiteet. Puhdasrakentamisen tunteamista tarvitaan ennakkosuunnittelussa, resurssien mitoittamisessa ja hankinnassa. Puhdasrakentamisen hallitseminen edistää hankkeen riskienhallintaa. Puhtausluokan P1 käyttö on lisääntynyt julkisessa rakentamisessa, mikä edistää puhtain menetelmin rakentamista. Puhtausluokan P1 käytön yleistyminen aiheutti tarpeen tälle tutkimukselle.

Diplomityö tehtiin toimeksiantona Salpausselän Rakentajat Oy:lle, joka toimii nykyään nimellä Pallas Rakennus Päijät-Häme Oy. Tutkimuksen avulla kehitetään yrityksen puhdasrakentamisen osaamista. Tutkimusta voidaan käyttää referenssinä urakoiden hankinnassa. Yritys tavoittelee puhdasrakentamisen avulla kilpailuetua.

Tutkimuksessa tarkasteltiin puhdasrakentamiseen liittyviä asetuksia ja ohjeita, puhtauden mittaamista, pölyntorjuntamenetelmiä ja kosteuden hallintaa. Case-kohteeksi valittiin Päijät-Hämeen keskussairaalan rakennusvaihe 6, jonka rakentamisen puhtaudenhallintaa tutkittiin ja arvioitiin. Puhdasrakentamisen menetelmistä oli saatavilla yksinkertaisia oppaita, ohjeita ja tutkimuksia, mutta tieto oli hajallaan. Tässä tutkimuksessa puhtaudenhallintaa käsitellään helpommin hahmotettavana kokonaisuutena.

1.2 Tavoite ja rajaukset

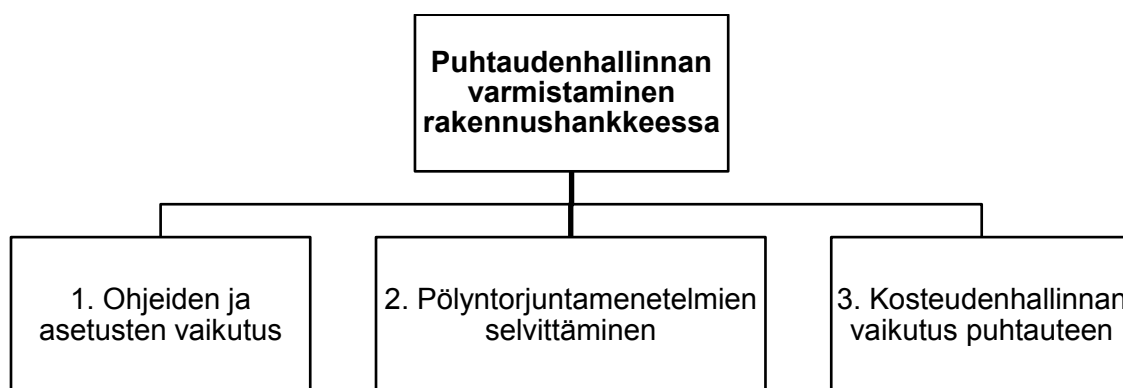
Tutkimuksen päätavoite oli selvittää, millaisilla toimenpiteillä varmistetaan puhtaudenhallinta rakennushankkeessa. Päätavoite jaettiin kolmeen osatavoitteeseen.

Tutkimuksen ensimmäinen osatavoite oli selvittää, miten asetukset ja ohjeet vaikuttavat rakentamisen puhtaudenhallintaan. Tarkasteltavia kohteita olivat sisäilmastoluokitus, puhtausluokitus, rakennusmateriaalien päästöluokitukset ja työturvallisuusmääräykset. Asetuksissa ja ohjeissa on määritelty puhtaudelle mitattavia suureita. Mitattavia kohteita

ovat olosuhteet, pöly ja mikrobit. Mitattavat suureet ja niiden mittausmenetelmät selvitetiin.

Toinen osatavoite oli pölyntorjuntamenetelmien selvittäminen. Tutkimuksessa selvitetiin, millaista kalustoa pölyntorjunnassa tarvitaan. Osastointien ja suojauksien suunnittelua ja rakentamista tutkittiin. Rakennussiivouksen vaikutusta puhtaudenhallinnan onnistumiseen tutkittiin. Tutkimuksessa selvitettiin, mitä rakennussiivouksessa on huomioitava puhdasrakentamisen varmistamiseksi eri rakennusvaiheissa. Muuttovaiheen puhtaudenhallintamenetelmät selvitettiin. Rakennushankkeen osapuolten tehtäviä puhtaudenhallinnassa tarkasteltiin.

Kolmas osatavoite oli tutkia kosteudenhallinnan vaikutusta puhtauteen. Työmaan olosuhteiden hallintaa, kosteudentorjuntaa ja materiaalien suojaamista tarkasteltiin. Tutkimuksen päätavoite ja osatavoitteet ovat esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Tutkimuksen tavoitteet.

Tutkimus liittyy erityisesti rakennusurakointiin, mutta menetelmät ovat toimivia myös omaperusteisessa tuotannossa. Tutkimuksessa käsitellään sekä uudis- että korjausrakentamista. Tutkimus tehtiin rakennusliikkeen näkökulmasta.

Pölytyypit ja pölylähteet käsiteltiin tarvittavin osin pölyntorjuntamenetelmien yhteydessä. Rakennuspölyn terveyshaittoja ei arvioitu, koska aiheesta on saatavilla useita tutkimuksia. Kosteudenhallintaa tarkasteltiin siltä osin kuin se tukee puhtaan sisäilman saavuttamista.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen suoritus

Tutkimuksessa käytettävät tutkimusmenetelmät olivat kirjallisuusselvitys ja teemahaastattelut. Tutkimuksen case-kohteeksi valittiin tutkimuksen tilaajan urakoima sairaalahanke, johon kuului uudisrakennus sekä vanhan osan perusparannus.

Sisäilmastoluokituksen ja puhtausluokituksen sisältö selvitettiin ohjekorteista. Niiden tulkintaan sekä pölyntorjuntamenetelmien tutkimiseen käytettiin lähteinä Sisäilmastoseminaarien julkaisuja, VTT:n ja suomalaisten yliopistojen tutkimuksia sekä puhdasrakentamiseen perehtyneiden yritysten raportteja ja -koulutusmateriaaleja. Kosteudenhallinnan tutkimisessa lähteitä olivat ohjekortit, asetukset, Sisäilmastoseminaarien julkaisut ja muut laadukkaat raportit. Kirjallisuusselvityksessä hankittiin tärkeät taustatiedot tutkimusongelmasta, mikä mahdollisti haastattelukysymysten laadinnan.

Haastateltaviksi valittiin case-kohteessa työskennelleet vastaavat työnjohtajat, tilaajan edustaja sekä puhtaudenhallintakonsultteja. Haastateltavat valittiin niin, että saatiin tutkittua useamman tahon näkemystä ja kokemuksia puhdasrakentamisesta samassa kohteessa. Teemahaastatteluihin päädyttiin, koska se mahdollisti haastatteluissa keskittymisen tutkimusongelmaan olematta kuitenkaan liian ohjaileva. Haastattelukysymykset liittyivät sekä case-kohteeseen että puhdasrakentamiseen yleisemmällä tasolla. Haastattelut tukivat kirjallisuusselvityksessä hankittua tietoa sekä tuottivat uutta tietoa puhdasrakentamisesta käytännön tasolla.

2. PUHDAS RAKENTAMISTAPA

2.1 Lähtökohdat puhdasrakentamiselle

Hyvä sisäilma on tärkeimpiä tavoitteita rakentamisessa. Rakentamiseen liittyviä rakennuksen ilmanlaatuun vaikuttavia tekijöitä ovat ilmanvaihtojärjestelmä, rakennustyöt sekä rakennusmateriaalit. Hyvää sisäilmastoa tavoiteltaessa ne on otettava huomioon suunnittelussa, rakentamisessa sekä rakennuksen käytössä. (RT 07-11299 2018, s. 2).

Rakentamiselle asetetuilla vaatimuksilla sisäilmaan vaikutetaan eniten työmaan puhtauden- ja kosteudenhallinnalla, sisäilmastolle asetetuilla vaatimuksilla ja materiaalivalinnoilla. Puhtauden- ja kosteudenhallintaa edistetään vaatimalla puhtausluokan P1 mukaista rakentamista, sääsuojien käyttöä ja hyvää kosteudenhallintakäytäntöä. Sisäilmastolle asetetaan tavoitearvot sisäilmastoluokituksen avulla ja pintamateriaaleina käytetään mieluiten vähäpäästöisiä eli M1-luokiteltuja materiaaleja. (Valtioneuvoston kanslia 2018, s. 27).

Rakentamisessa syntyy runsaasti terveydelle haitallista pölyä. Mikäli rakennuspöly leviää työmaan ulkopuolelle, sille altistuvat rakentajien lisäksi samassa rakennuksessa olevat rakennuksen käyttäjät. Altistusta voidaan vähentää merkittävästi hyvin suunnitellulla pölyntorjunnalla. (Työterveyslaitos 2019). Puhtausluokka P1 on rakentamistapa, jolla tavoitellaan hyvää sisäilmastoa. Tilaajien vaatimus hyvästä sisäilmastosta on yleistynyt, mikä lisää puhtausluokan P1 mukaista rakentamista. (Consair Oy 2019, s. 3). Puhtausluokan P1 mukaisella rakennus- ja ilmanvaihtoasennustyöllä varmistetaan, ettei haitallista pölyä jää rakennuksen pinnoille eikä ilmanvaihtojärjestelmään (Andersson et al. 2016, s. 339).

Rakennustyömaa on olosuhteiltaan haastava työympäristö. Rakennustyöntekijät altistuvat etenkin runkovaiheen jälkeisissä töissä rakennuspölylle. Rakennuksen käyttäjiä varten tavoiteltava hyvä sisäilmasto edellyttää rakentamisessa vähän pölyä tuottavien menetelmien käyttöä ja pölyntorjuntaa. Nämä menetelmät vähentävät samalla rakennustyöntekijöiden altistumista epäpuhtauksille. (Asikainen et al. 2009, s. 51–52).

2.2 Asetukset ja ohjeet

2.2.1 Työturvallisuus

Valtioneuvoston asetuksessa rakennustyön turvallisuudesta (A 205/2009) on määritelty päätoteuttajalle kuuluvat työturvallisuusvelvoitteet. Päätoteuttajan on kiinnitettävä suunnittelussa erityistä huomiota pölyn vähentämiseen, sen leviämisen estämiseen ja työmaan hyvän järjestyksen ylläpitoon. Suunnitelmat on esitettävä kirjallisesti ja ne tulee päivittää olosuhteiden muuttuessa. Suunnitelmat on esitettävä rakennuttajalle. (A 205/2009, 10 §). Rakennustyömaa-alueen käyttöä suunniteltaessa päätoteuttajan tulee huomioida jätteiden käsittely sekä pölyntorjuntaan tarvittavien laitteiden ja rakenteiden sijoitus (A 205/2009, 11 §).

Päätoteuttajan on perehdytettävä rakennustyömaan työntekijät, jotta heillä olisi riittävät tiedot työmaan haittatekijöistä ja niiden poistamisesta (A 205/2009, 3 §). Päätoteuttajan tulee jatkuvasti tarkkailla työturvallisuuden tilaa (A 205/2009, 13 §).

Asetuksen A 205/2009 perusteella pölyävä purkujäte on siirrettävä pois työskentelyalueelta säkeissä, astioissa tai pudottamalla tiivistä putkea pitkin alas. Pöly on poistettava ilmanvaihdolla, kohdepoistolla tai muulla tarkoituksenmukaisella menetelmällä. Pölyn leviäminen rajoitetaan tarvittaessa suojaseinillä. (A 205/2009, 50 §).

Puhdas työmaa vähentää työtapaturmia. Kompastumisia, naulaan astumisia ja muita tapaturmia tapahtuu vähemmän. (Laakkonen et al. 2010, s. 6).

2.2.2 Sisäilmastoluokitus

Sisäilmastoluokitus 2018 korvasi aiemmin käytössä olleen Sisäilmastoluokitus 2008:n. Ohjeen tarkoitus on olla apuna terveellisempien ja viihtyisämpiä rakennusten rakentamisessa. Luokitus on tarkoitettu ensisijaisesti uudisrakentamiseen, mutta se sopii soveltuvin osin myös korjausrakentamiseen. (RT 07-11299 2018, s. 1). Sisäilmastoluokitus ei ole viranomaisohje. Se kirjataan rakennushankkeen sopimusasiakirjoihin, jolloin se on osapuolia sitova. (RT 07-11299 2018, s. 5).

Sisäilmastoluokitus on jaettu laatuluokkiin S1, S2 ja S3. Luokka S1 on vaativin. Luokassa S1 sisäilman laadun tulee olla erittäin hyvä eikä sisäilma saa olla yhteydessä epäpuhkauslähteisiin. Tilan käyttäjän tulee pystyä hallitsemaan tilan lämpöolosuhteita, mikä edellyttää käytännössä koneellista jäähdytystä ja huonekohtaista lämpötilan säätöä. (RT 07-11299 2018, s. 5).

Luokassa S2 edellytetään hyvää sisäilman laatua. Sisäilma ei saa olla yhteydessä epäpuhtauksien lähteisiin eikä häiritseviä hajuja sallita. Ylilämpeneminen kesäpäivinä on sallittua, joten hyvällä suunnittelulla koneellista jäähdytystä ei aina tarvita. (RT 07-11299 2018, s. 5).

Luokka S3 on sisäilmaston vähimmäistaso. Se täyttää maankäyttö- ja rakennuslain mukaiset säädökset sekä terveydensuojelulain vähimmäisvaatimukset sisäilman laadusta. (RT 07-11299 2018, s. 5).

Rakennuksen ilmanpitävyys vaikuttaa sisäilman laatuun. Ilmavuodot mahdollistavat epäpuhtauksien kulkeutumisen rakennuksen sisätiloihin ja tilojen välillä. Sisäilmastoluokissa S1 ja S2 rakennuksen ilmavuoto mitattuna 50 Pa:n paine-erolla tulee olla enintään 1,0 m³/h,m². Ilmanpitävyys todetaan tiiveysmittauksella, jonka yhteydessä ilmavuodot paikannetaan. Mahdolliset vuotopaikat tiivistetään. S3-luokassa ei edellytä tiiveysmittauksia, joskin Sisäilmastoluokitus 2018:ssa suositellaan niitä. (RT 07-11299 2018, s. 11).

Sisäilmastotavoitteiden saavuttamiseen suunnitellut menetelmät kirjataan urakoitsijoiden laatusuunnitelmiin. Niiden toteutumista seurataan työmaakokouksissa. Sisäilmastotavoitteiden toteutumisen kannalta merkittävälle urakoitsijoille on järjestettävä koulutusta, jossa annetaan sisäilmastotavoitteiden saavuttamiseen tarvittavat ohjeet. Koulutuksen järjestäjä sovitaan esimerkiksi urakkarajaliitteellä. (RT 07-11299 2018, s. 14).

2.2.3 Puhtausluokitus

Rakennustöiden puhtausluokituksen tavoitteena on, että rakennuksen tilat ovat luovutushetkellä puhtaat ja käytön aikana sisäilmaan ei pääse rakennusaikaisia epäpuhtauksia. Sisäilmastoluokitus 2018:ssa on vain yksi rakennustöiden puhtausluokka, P1. P1-luokkaa käytetään, kun pyritään sisäilmastoluokkiin S1 ja S2. Mikäli hankkeessa ei käytetä puhtausluokkaa P1, noudatetaan hyvän rakentamistavan mukaisia tapoja. (RT 07-11299 2018, s. 12). Edeltävässä ohjeessa sisäilmastoluokitus 2008:ssa rakennustöiden puhtausluokat on jaettu P1- ja P2-luokkiin. Puhtausluokkaa P2 käytettiin, kun rakennustyön puhtaudelle ei oltu asetettu erityisvaatimuksia. Tällöin tavoiteltiin sisäilmastoluokitusta S3. P2-luokka edellytti kuitenkin hyvän rakentamistavan noudattamista. (RT 07-10946 2009, s. 10–11). P2-luokan poisjättäminen on perusteltua, koska sille ei oltu asetettu hyvästä rakentamistavasta poikkeavia vaatimuksia.

Rakennustöiden P1-puhtausluokassa pintojen pölykertymälle on määritelty raja-arvot ennen ilmanvaihdon toimintakokeita ja ennen rakennuksen luovutusta. Pölykertymä ilmoitetaan peittoprosentteina. Pintoihin lasketaan näkyvät vaaka- ja pystypinnat sekä ka-

lusteiden sisäpinnat. Ennen ilmanvaihdon toimintakokeita alakaton yläpuolen, tilan näkyvien pintojen ja kalusteiden sisäpintojen suurin sallittu pölykertymä on 5,0 %. Lattiapinnoille ei ole määritetty raja-arvoa. Ennen rakennuksen luovutusta näkyvien pintojen ja kalusteiden sisäpintojen suurin sallittu pölykertymä on 1,0 % ja lattian 3,0 %. Alakaton yläpuolta ei arvioida, koska alakatot ovat tässä vaiheessa suljettuja. (RT 07-11299 2018, s. 13). Sisäilmastoluokitus 2008:ssa mitattavat pinnat oli jaoteltu edellä mainitun lisäksi yli 180 cm:n ja alle 180 cm:n korkeudella sijaitseviksi. Niillä oli kuitenkin yhteiset raja-arvot, jotka ovat samat kuin Sisäilmastoluokitus 2018:ssa. (RT 07-10946 2009, s. 11).

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokituksen tavoitteena on, että tiloihin ei pääse tuloilman mukana ilmanvaihtojärjestelmästä peräisin olevia epäpuhtauksia. Puhtausluokkia on yksi eli P1, kuten rakennustöiden puhtausluokituksessakin. Sitä käytetään, kun sisäilmastoluokituksena on valittu S1 tai S2. Ilmanvaihdon puhtausluokitusta ei käytetä sisäilmastoluokassa S3. Sisäilmastoluokitus 2018:n mukaan luovutusvalmiin ilmanvaihtojärjestelmän sisäpuolen pölykertymän keskiarvo P1-puhtausluokassa suodatinmenetelmällä mitattuna saa olla enintään 0,7 g/m² ja BM-Dustdetector -mittalaitteella enintään 5,0 %. (RT 07-11299 2018, s. 17). Sisäilmastoluokitus 2008:ssa oli myös ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokka P2, jota käytettiin sisäilmastoluokassa S3. Siinä luovutusvalmiin ilmanvaihtojärjestelmän sisäpuolen pölykertymän keskiarvo suodatinmenetelmällä sai olla 2,5 g/m². (RT 07-10946 2009, s. 15).

Terveen talon toteutuksen kriteereissä P1-luokassa ilmanvaihtokanaviston sisäpinnan pölykertymä saa olla enintään 1,0 g/m² ja P2-luokassa 2,5 g/m². Terveen talon toteutuksen kriteereissä kanavisto täyttää vaatimukset, kun otetuista näytteistä vähintään 80 % alittaa P-luokan rajan. Näytteistä 5 % saa ylittää P-luokan raja-arvon yli 50 %:lla. Toisaalta kolminkertainen P-luokan rajan ylitys yhdessäkin näytteessä johtaa kanaviston puhdistamiseen. (RT 07-10805 2003, s. 14). Sisäilmastoluokitus 2018:ssa sallittu pölykertymä puhtausluokassa P1 on pienempi kuin terveen talon toteutuksen kriteereissä. Sallittua pölykertymää puhtausluokka P1:n ulkopuolella ei ole määritetty uusimmassa sisäilmastoluokituksessa. Määrittelyyn voidaan käyttää terveen talon toteutuksen kriteereitä.

P1-luokka edellyttää, että kaikki P1-tiloihin tulevat materiaalit ovat suojattu likaantumiselta ja kosteudelta. Tämä edellyttää yleensä varastointia sisätiloissa. Välivarastointeja tulee välttää. P1-tilan ilman tulee olla puhdasta ja kuivaa, jotta materiaalien suojaukset voidaan poistaa ja asennus aloittaa. Asennuspaikan läheisyydessä ei saa suorittaa ilmaa likaavia työvaiheita. (RT 07-11299 2018, s. 13). Pinnat ja laitteet on suojattava asennuksen jälkeen. Suojattavia kohteita ovat esimerkiksi ennen tasoitettuja asennetut talotekniikkaosat, lämpöpatterit, valaisimet, kalusteet ja lattiapinnat. (Takkunen 2014, s. 15).

P1-luokassa ilmanvaihdon toimintakokeet voidaan aloittaa, kun rakennus on puhdas. Toimintavalmiit tilat erotetaan tarvittaessa alemman puhtausluokan tiloista omiksi osastoiksi. Pinnoilla ei saa olla hienojakoista pölyä, koska se voi nousta ilmaan toimintakokeiden aikana. Tiloissa ei saa olla rakennusmateriaaleja eikä jätettä. Pintojen suojaukset on poistettava, jotta pinnat voidaan puhdistaa. Toimintakokeiden aikana ja jälkeen tiloissa saa tehdä ilman erityistoimenpiteitä vain pölyämättömiä töitä. (RT 07-11299 2018, s. 12–13).

Puhtaudenhallinnassa on haasteita. Puhtaudenhallinta on määritelty urakka-asiakirjoissa usein puutteellisesti. Puhtaudenhallinnan kustannuksista ei ole saatavilla luotettavaa tietoa, eikä riskejä ei osata huomioida laskentavaiheessa. (Takkunen 2014, s. 6).

Puhtausluokka P1:n mukaisessa toteutuksessa hyötyjä ovat käyttäjäturvallisuus ja työturvallisuus. Peruskorjauksissa voidaan välttää pölyhaitat käytössä olevissa tiloissa. Rakennus saadaan luovutettua nopeasti, koska tarvetta perusteelliselle siivoukselle tai ilmanvaihtolaitteiston puhdistukselle ei ole. Puhdas rakennus kohentaa asiakastyytyväisyyttä ja vähentää reklamaatioita. Puhdas työmaa on työntekijöille turvallinen ja viihtyisä. (Takkunen 2014, s. 8).

Puhtausluokka P1:n mukaisessa rakentamisessa tilaaja voi laatia puhtaudenhallintaohjeen, joka toimitetaan pääurakoitsijalle. Ohje sisältyy kohteen urakka-asiakirjoihin. Pääurakoitsija laatii pölynhallintasuunnitelman puhtaudenhallintaohjetta noudattaen. Puhtaudenhallintaohje on tärkeä, jotta puhtaustavoitteet voidaan saavuttaa. Puhtaudenhallintaohjeessa kuvataan ainakin seuraavat asiat (Takkunen 2014, s. 12):

- Puhtaudenhallinnan tavoitteet vastuineen ja sanktioineen
- Jätehuollon järjestäminen
- Materiaalien ja laitteiden varastointi ja suojaus
- Pölyntorjunta
- Ilmanvaihdon asennusolosuhteet
- Rakennussiivous ja loppusiivous
- Ulkoalueiden kunnosta huolehtiminen
- Tupakoinnin järjestäminen
- Perehdyttäminen ja kouluttaminen

Puhtaudenhallintaohjeen laatiminen ei kuitenkaan suoraan perustu ohjeisiin tai määräyksiin. Sisäilmastoluokitus 2018:ssa sopimusasiakirjoista urakkarajaliitettä pidetään erityisen tärkeänä sisäympäristön laadun kannalta, koska siihen täytyy määritellä puhtaudenhallinnan eri toimenpiteistä vastaavat osapuolet. Sisäilmastoluokitus 2018:ssa on

maininta, että ohjeet ja velvoitteet esitetään sopimusasiakirjoissa. Niiden sisältöä ei määritellä tarkemmin. (RT 07-11299 2018, s. 10).

TPA Andersson Oy teki havaintoja puhtausluokan P1 toteutumisesta vuosina 2013–2015 yhteensä 32 hankkeessa. P1-puhtausluokka oli toteutunut hyvin hankkeiden sisävalmistusvaiheessa. Visuaalisen työmaan puhtaustaso- eli TP-arvioinnin keskiarvo kasvoi vuoden 2013 94,2 %:sta vuoden 2015 95,7 %:iin. Hylättyjen mittauksien eli alle 92 %:n tulosten osuus kaikista mittauksista laski samassa ajassa 22 %:sta 11 %:iin. Uudisrakentamisessa ja peruskorjaamisessa ei havaittu eroa P1-puhtausluokan toteutumisessa. Puutteiden jakautumisessa oli toisaalta eroa. Peruskorjauskohteissa 35 % puutteista liittyi rakennusmateriaaleihin ja laitteisiin, kun uudiskohteissa vastaava osuus oli 29 %. Pölynhallinnan puutteiden osuudet olivat vastaavasti 14 % ja 10 %. Peruskorjauskohteiden säilytettävien pintojen ja tekniikan suojauksen puutteet vaikuttivat mittauksiin. Peruskorjauskohteissa on rajapintoja toimivien tilojen kanssa, mikä lisää pölyn- ja torjuntaan liittyviä puutteita verrattuna uudisrakentamiseen. (Andersson et al. 2016, s. 339–341).

TPA Andersson Oy:n havaintojen perusteella toimintakoevaiheessa P1-puhtausluokan pintapölymittauksien raja-arvon 5 % ylitti 3–8 % mittauksista. Mittauksien keskiarvo vaihteli vuosina 2013–2015 1,3–2,8 % välillä, mikä alittaa selkeästi raja-arvon. Keskeneräiset rakennustyöt heikentävät mittauksista, koska pölyä tuottavat työvaiheet ja työmaaliikenne lisäävät pölyn määrää. Vastaanottovaiheessa tasopintojen pintapölymäärä oli 0,5–0,7 % ja lattiapintojen 1,2–1,6 %, joten niiden raja-arvot 1 % ja 3 % alittuvat selvästi. Merkittävimmät syyt raja-arvojen ylitykselle olivat työmaan keskeneräisyys ja loppusivouksen puutteet. (Andersson et al. 2016, s. 342–343).

2.2.4 Rakennusmateriaalien päästöluokitus

Rakennusmateriaalit vapauttavat sisäilmaan kemikaaleja. Ilman kemikaalipitoisuuteen voidaan vaikuttaa vähentämällä materiaalien päästöjä ja lisäämällä ilmanvaihtoa. Pieniin kokonaispäästöihin pyrittäessä päästöjen vähentäminen on ensisijainen menetelmä. Päästöjä ovat muun muassa haihtuvat orgaaniset yhdisteet, formaldehydi, ammoniakki ja karsinogeeniset aineet. Päästöluokat ovat M1, M2 ja M3, joista M1 on vähäpäästöisin. (RT 07-11299 2018, s. 20).

Luokille M1 ja M2 on määritetty suurimmat sallitut päästöt. Luokkaan M3 kuuluvat materiaalit, jotka eivät täytä luokan M2 vaatimuksia. Jos eri päästöluokkien materiaaleja yhdistetään esimerkiksi kerroksiksi, käytetään huonoimman materiaalin päästömerkintää.

Materiaaliyhdistelmän päästöt voidaan tarvittaessa mitata, jolloin parempi päästöluokitus on mahdollinen. (RT 07-11299 2018, s. 20).

Sisäilmastoluokat S1 ja S2 edellyttävät, että rakennusmateriaaleina käytetään pääasiassa päästöluokan M1 tuotteita. Muita materiaaleja saa olla enintään 20 % tilan sisäpinoista, mutta korkeintaan 1 m² tilan lattianeliötä kohti. Vapaasti käytettäviä pintamateriaaleja ovat (RT 07-11299 2018, s. 11):

- Pinnoittamattomat tiili-, luonnonkivi-, lasi- ja metallipinnat
- Keraamiset laatat
- Käsittelemättömästä haavasta, koivusta, kuusesta tai männystä valmistetut lauta- ja hirsipinnat

Sisäilmastoluokitus 2018:ssa on määritelty erikseen päästöluokka M1 pehmustetuille työtuoleille. Kangasta tai keinonahkaa sisältävät työtuolit voivat saada M1-merkinnän, mikäli ne täyttävät sisäilmastoluokitus 2018:ssa niille määritellyt päästövaatimukset. (RT 07-11299 2018, s. 20).

2.2.5 Ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokitus

Ilmanvaihtotuotteissa on käytössä yksi puhtausluokka M1, eli täyttäessään puhtausvaatimukset tuote on puhtausluokiteltu. Muussa tapauksessa tuotetta ei ole luokiteltu. Sisäilmastoluokitus 2018:ssa puhtausluokitellulta tuotteelta edellytetään, ettei se lisää epäpuhtauksia eikä hajuja ilmanvaihtojärjestelmään tai tuloilmaan. Puhtausluokitellun tuotteen täytyy olla helposti puhdistettavissa. (RT 07-11299 2018, s. 21).

Sisäilmastoluokitus 2018:ssa on määritelty tarkasti, milloin kanavat ja kanavaosat, säätö- ja palopellit, ilmansuodattimet sekä äänenvaimentajat saavat puhtausluokituksen. Määrittelyssä on raja-arvot pintapölylle, ilmavirtaan irtoaville mineraalikuiduille, pinnalla olevalle öljylle ja hajutuotolle. Muille ilmanvaihtojärjestelmän osille, kuten ulkoilmasäleiköille, lämmöntalteenotolle, lämmitys- ja jäähdytyspattereille ja ilmanvaihdon päätelaitteille noudatetaan edellä mainittuja määrittelyjä soveltavilta osin. Niille on lisäksi tuotekohtaisia toiminnallisia vaatimuksia. (RT 07-11299 2018, s. 18–19, 21–22). Pintapölyn raja-arvo puhtausluokitelluille osille on 0,5 g/m², mutta Takkusen (2014, s. 57) havaintojen perusteella osat ovat työmaalle saapuessaan lähes pölyttömiä.

2.3 Puhtausmittaukset

2.3.1 Olosuhteiden mittaus

Työmaan olosuhteet vaikuttavat esimerkiksi betonirakenteiden kuivumiseen, epäpuhtauksien leviämiseen ja aikatauluun. Olosuhteita valvotaan mittauksilla. Työmaan sisäilman mitattavia suureita ovat lämpötila, ilmankosteus ja painesuhteet. Rakenteiden kosteutta ja lämpötilaa mitataan pääasiassa seurattaessa betonin kuivumista. Työmaille on kehitetty etäluettavia mittalaitteita olosuhteiden valvomiseen. Osa laitteista hälyttää poikkeamista suoraan älypuhelimien. Olosuhteita voidaan seurata reaaliaikaisesti tietokoneella ja älypuhelimella. Etävalvonnan ansiosta poikkeamiin voidaan reagoida nopeasti. Olosuhteista saatavaa tietoa voivat käyttää sekä urakoitsijat että valvojat. (Heino 2013, s. 207).

Ikkunoiden ja ovien aukipitäminen sekä voimakas tuuli vaikuttavat olosuhteisiin. Olosuhteet muuttuvat herkästi etenkin talvisin sisä- ja ulkoilman lämpötilaeron takia. Lyhyistä rakennusajoista johtuen rakenteiden on kuivuttava nopeasti. Betonin kuivuminen hidastuu, mikäli lämpötila on liian alhainen ja sisäilman suhteellinen kosteus liian suuri. Betonirakenteista mitattujen suhteellisten kosteuksien luotettavuutta pystytään arvioimaan paremmin, kun työmaan olosuhteet tunnetaan. (Heino 2013, s. 207–208). Sisäilman suhteellisen kosteuden valvominen on hyödyllistä, koska pitkäaikainen yli 75–80 %:n suhteellinen kosteus mahdollistaa homeen kasvun rakennuksessa (RIL 205-2011 2011, s. 154).

Paine-eromittauksilla valvotaan, että haluttu paine-ero tilojen välillä säilyy. Paine-ero on tärkeää osastointimenetelmässä epäpuhtauksien leviämisen estämiseksi. Paine-ero muuttuu nopeasti ali- ja ylipaineistetuissa tiloissa esimerkiksi ovien avaamisen takia. Rakennustyömaasta tulee helposti ylipaineinen, jos ikkunoita tai ovia on auki tuulisella säällä. Ylipaineisessa saneerauskohteessa epäpuhtaudet leviävät helpommin käytössä oleviin tiloihin. Paine-eromittaus on edullinen menetelmä pölyn leviämisen estämiseksi. (Heino 2013, s. 208–212).

2.3.2 Pölyn mittaus

Rakennustyömailla ei juuri tehdä työhygieenisistä mittauksia, vaikka erilaisia altisteita on paljon. Työhygieenisillä mittauksilla voidaan todeta työmaan sisäilman pölypitoisuuksia ja arvioida puhtaudenhallintatoimenpiteiden toimivuutta. Työmailla pölyntorjuntaa mitataan lähinnä TR-mittauksen osana. Pölymittauksissa voidaan mitata kokonaispölymäärän lisäksi esimerkiksi kvartsin, asbestin, alveolijakeisen pölyn, epäorgaanisen pölyn,

puupölyn ja mineraalikuitujen määrää sekä kaasumaisten päästöjen osalta PAH-yhdisteet, hiilimonoksidi ja liuottimet. Työhygieenisillä mittauksilla voidaan arvioida terveydelle haitallisten aineiden, kuten asbestin, purkamisessa onnistumista. (Heino 2011, s. 186).

Työhygieenisiin mittauksiin käytetään hiukkasmittareita. Hiukkasmittarilla voidaan mitata reaaliaikaisesti ilman pölypitoisuuksia jaoteltuina eri hiukkaskokoihin, esimerkiksi 10 µm, alveolijae 4µm, 2,5 µm ja 1 µm. Hiukkasmittari pumpppaa ilmanäytteen mittarin näyttekammioon, jossa pölyn määrä mitataan laser-fotometrisesti. Mittari laskee pölypitoisuuden ja ilmoittaa sen muodossa mg/m³. (Teknocalor 2015). Esimerkki hiukkasmittarista on esitetty kuvassa 2. Rakennuspöly on pääasiassa epäorgaanista pölyä. Epäorgaanisen pölyn HTP-arvo eli haitalliseksi tunnettu pitoisuus on 10 mg/m³. Puupölyn HTP-arvo on 2 mg/m³. (HTP-arvot 2018, s. 30, 47).



Kuva 2. Ilman pölypitoisuuksien mittaukseen soveltuva hiukkasmittari (TSI Incorporated 2019).

Rakennustyömaan ilman pölymittauksiin voidaan käyttää myös suodatinmenetelmää, mutta Anderssonin (2009) tutkimuksen mukaan laser-fotometrinen menetelmä on tarkempi, helpompi ja edullisempi. Tutkimuksessa havaittiin, että laser-optisen menetelmän ja suodatinmenetelmän mittaustulokset samasta tilasta ovat keskenään lineaarisia. (Andersson 2009, s. 47, 49).

Puhtausluokassa P1 pintapölyn määrää arvioidaan ennen toimintakokeita ja ennen rakennuksen vastaanottoa. Arviointi tehdään ensisijaisesti silmämääräisesti. (Andersson 2013, s. 21, 23). Pölyn näkymiseen vaikuttaa valaistus, pinnan materiaali, pinnan väri ja pölyn määrä. Likaisuusasteiden erottaminen toisistaan eri olosuhteissa on haastavaa.

Tarvittaessa pintapölyn määrä voidaan mitata. Pintapölyä mitataan myös ilmanvaihtojärjestelmistä. (ASTQ 2015, s. 61–62). Koven ja puolikoven pintojen mittaukseen soveltuu geeliteippimenetelmä. Siinä geeliteippi painetaan mitattavalle pinnalla telan avulla. Telan leveys on 32 mm ja halkaisija 40 mm. Sen täytyy kohdistaa geeliteippiin 1 kPa:n paine. Tela liikutetaan teipin yli kolme kertaa. Geeliteipin pölymäärä mitataan yleensä laser-optisesti pintapölymittarilla, joka mittaa laservalon läpäisevyyden vähentymistä geeliteipissä. Tulokseksi saadaan pölyisyysprosentti, eli pölyn ja irtolian peittämä osuus geeliteipistä. Esimerkki BM-Dustdetector -pintapölymittarista on esitetty kuvassa 3. Mittaukseen voidaan käyttää myös muuta vastaavaa laitetta tai valomikroskooppia. (SFS 5994 INSTA 800 2012, s. 62-65).



Kuva 3. BM-Dustdetector -pintapölymittari. (Poistoa Oy 2019).

2.3.3 Mikrobin mittaus

Mikrobipitoisuuksia mittaamalla voidaan selvittää, onko rakennuksessa kosteuden aiheuttamia mikrobivaurioita. Mikrobinäytteitä voidaan ottaa rakenteista, pinnoilta ja sisäilmasta. Asumisterveysasetuksessa hyväksytyjä ensisijaisia mittausmenetelmiä mikrobi-

vaurion todentamiseksi ovat mikrobien kasvatukseen perustuva laimennossarja- tai suoraviljelymenetelmä. Näytteet otetaan rakennusmateriaalista. Muita menetelmiä ovat ilmanäytteet ja pintasivelynäytteen laimennossarjamenetelmä. Ilmanäyte ei riitä yksinään mikrobivaurion todentamiseen, vaan lisäksi tarvitaan muuta näyttöä vauriosta. (A 545/2015, 20 §). Muita mittausten menetelmiä voidaan käyttää, mutta niiden luotettavuus on todennettava riippumattoman, sosiaali- ja terveysministeriön hyväksymältä toimijalta (A 545/2015, 4 §).

Materiaalinäyte otetaan noin 10 cm x 10 cm kokoiselta alueelta. Näytekohdan pinnasta irrotetaan 5–10 mm paksuinen näytekerros. Huokoista materiaalia otetaan noin 1 dl. Näytteet toimitetaan tiiviissä muovipussissa laboratorioon. Märkä näyte tulee viljellä laboratoriossa päivän ja kuiva näyte kolmen päivän sisällä näytteenotosta (Valvira 2016, s. 5–6).

Laimennossarjamenetelmässä laboratorioon toimitetusta näytteestä irrotetaan osanäyte, johon lisätään laimennusliuosta. Laimennoksia viljellään elatusalustoilla. Sienten ja bakteerien viljelyyn on omat elatusalustat. Elatusalustat analysoidaan 7 vuorokauden kuluttua. Viljelyä jatketaan ja analysointi tehdään uudelleen 14 vuorokauden kuluttua laimennoksesta. Viljelyn jälkeen mikrobipesäkkeet lasketaan elatusalustoilta. Mikrobien pitoisuus ilmoitetaan yksiköllä pmy/g eli kappaletta grammassa. (Valvira 2016, s. 6, 8). Tulosten tulkinnan tekee laboratorio.

Suoraviljelyssä näyte viljellään suoraan elatusalustalle ilman laimennosta. Materiaalinäyte hienonnetaan, jonka jälkeen se levitetään kasvualustalle. Elatusalustat analysoidaan kuten laimennossarjamenetelmässä. (Valvira 2016, s. 6–7). Mikrobien määrä ilmoitetaan suuntaa-antavasti asteikolla ”–/+/++/+++/++++”, jossa ”–”, ”+” ja ”++” viittaavat normaaliin mikrobipitoisuuteen ja ”+++” ja ”++++” tarkoittavat mikrobikasvustoa (Valvira 2016, s. 10).

Ilmanäytteen avulla voidaan selvittää, onko sisäilmassa rakennuksen sijainti, ikä ja vuodenaika huomioiden tavallista enemmän mikrobeja. Ilmanäytteellä voidaan lisäksi selvittää, leviääkö vaurioituneesta tilasta mikrobeja rakennuksen muihin tiloihin. Mittaukset suositellaan tehtäväksi talvella, koska tällöin ulkoilman mikrobipitoisuudet ovat pienimmillään. Mittauksia voidaan tehdä myös muina vuodenaikoina, mutta tällöin ulkoilmasta tulee ottaa vertailunäyte. (Valvira 2016, s. 9–10). Ilmanäyte otetaan ennen rakenteiden avaamista (Valvira 2016, s. 12).

Ilmanäytteen ottamiseen käytetään impaktoria (Valvira 2016, s. 10). Impaktori on hiukkaskeräin, jossa ilman hiukkasia kerätään ilmapirran avulla. Keräyslevyn yläpuolella ilmapirran suunta muuttuu jyrkästi. Raskaimmat hiukkaset tarttuvat keräysalustaan, koska

suuremman inertiansa takia ne reagoivat hitaammin ilmapölyn suunnan muutokseen. Impaktorissa voi olla useita keräysasteita erikokoisille hiukkasille. (Helsingin Yliopiston Fysiikan laitos 2016). Keräiminä käytetään impaktoriin asetettuja maljoja, joissa on elatusalustaa. Näytteenottoon sopiva aika talvella on 10–15 minuuttia, muulloin 3–5 minuuttia. Näytteenoton jälkeen maljat toimitetaan laboratorioon saman päivän aikana. Ilmasta otetut näytteet kasvatetaan keräinmaljoissaan. Elatusalustalla olevat mikrobipesäkkeet lasketaan kuten viljelymenetelmissä. Mikrobipitoisuudet ilmoitetaan yksikössä pmy/m³. (Valvira 2016, s. 11–13).

Pintasivelynäytteitä käytetään, kun tutkittavaa rakennetta ei voida avata. Vaurioituneeksi epäillystä kohdasta otetaan näyte sivelemällä sitä steriiliin laimennosliuokseen kastetulla pumpulipuikolla. Näyte otetaan 100 cm² kokoiselta alueelta. Pumpulipuikko katkaistaan ja suljetaan laimennosliuosputkeen. Jokaiselle näytteelle otetaan vertailunäyte samaa materiaalia olevalta, vaurioitumattomalta pinnalta. Näyte viljellään elatusalustalla laimennossarjamenetelmää käyttäen. Pintamateriaali ja siveelytapa vaikuttavat tulokseen, joten tulosten tulkinta tehdään vertailemalla epäillyn vauriopinnan ja vertailunäytteen tuloksia. Kun vaurioituneeksi epäillyn näytteen mikrobipitoisuus on vähintään 10–100-kertainen vertailunäytteeseen, voidaan todeta rakenteen pinnassa olevan mikrobikasvustoa. (Valvira 2016, s. 15–17). Laboratorio tekee tarkemman analyysin.

Kvantitatiivisessa PCR- eli qPCR-menetelmässä mitataan näytteessä olevien mikrobien DNA-jaksojen määrää. DNA-jaksoja on sekä elävissä että kuolleissa soluissa. Viljelymenetelmä mittaa vain elävien mikrobien määrää, joten qPCR-menetelmä antaa suurempia mikrobipitoisuuksia. Näytteestä etsitään tunnettuja mikrobien DNA-jaksoja. Valitun DNA-jakson pituuden mukaan voidaan tunnistaa eliöryhmiä, sukuja tai lajeja. Lajikkeiden tunnistamista varten luodaan tunnistaja eli aluke, jota lisätään näytteeseen. Aluke tarttuu etsittyyn DNA-jaksoon, mikäli näytteestä on sitä. Seuraavaksi DNA-jaksoja monistetaan. Monistuneita DNA-jaksoja voidaan mitata. Näytteessä olevien DNA-jaksojen määrä vaikuttaa monistumisnopeuteen, jota seurataan merkkiaineen avulla reaaliajassa. (Mikrobioni Oy 2016).

Kvantitatiivinen PCR-menetelmä paljastaa rakenteissa olevat vanhat ja kuivuneet mikrobivauriot, koska se mittaa myös kuolleita mikrobeja. Myös kuollut kasvusto on terveydelle haitallista. (Mikrobioni Oy 2016). Hyvärinen et al. (2008, s. 27) tutkimuksessa qPCR-menetelmällä löydettiin mikrobeja näytteistä, joista niitä ei havaittu viljelymenetelmällä. Myös Hyvärinen et al. (2019, s. 211) tutkimuksessa qPCR-menetelmällä löydettiin vaurioita näytteistä, jotka ovat viljelymenetelmän perusteella kunnossa. Toisaalta viljelymenetelmällä havaittiin vaurioita näytteissä, jotka qPCR-menetelmän perusteella olivat

kunnossa. Kvantitatiivinen PCR-menetelmä kuitenkin luokittelee suuremman osan näytteistä vaurioituneiksi kuin viljelymenetelmä (Hyvärinen et al. 2019, s. 211). Hyvärinen et al. (2008, s. 27) tutkimuksen mukaan qPCR-menetelmä antaa pienillä mikrobipitoisuuksilla viljelymenetelmää suurempia tuloksia, mutta suuremmilla pitoisuuksilla menetelmät korreloivat paremmin. Viljelymenetelmä ja qPCR mittaavat eri asiaa, joten kohtuullinen vaihtelu on ymmärrettävää (Hyvärinen et al. 2019, s. 212). Tarkkuutensa puolesta qPCR-menetelmä soveltuu käytettäväksi viljelymenetelmän rinnalla tai voi jopa korvata sen (Meklin et al. 2014, s. 365).

Materiaali- ja pintanäytteet qPCR-analyysia varten otetaan samalla tavalla kuin viljelymenetelmällä. Materiaalinäytteille tehty qPCR-analyysi paljastaa nopeasti, onko rakenne vaurioitunut. (Mikrobioni Oy 2016). Tulokset saadaan laboratoriosta kahdessa tai kolmessa päivässä, mikä on merkittävästi viljelymenetelmää nopeampaa (Sisäilmäyhdistys 2016). Tietoa voidaan hyödyntää korjausrakentamisessa vaurioalueen laajuuden selvittämisessä (Mikrobioni Oy 2016).

Asumisterveysasetuksessa ei ole mainintaa qPCR-menetelmästä. Menetelmää voidaan käyttää, kun sen luotettavuus on onnistuneesti todennettu riippumattomalla, sosiaali- ja terveysministeriön hyväksymällä toimijalla. Menetelmän käyttö on tästä syystä rajallista. Suomessa on kuitenkin qPCR-menetelmää käyttäviä laboratorioita (Mikrobioni Oy 2019).

2.4 Pölyntorjunta

2.4.1 Korkeapaineinen kohdepoisto

Imurointiin soveltuu siirreltävä rakennusimuri tai keskusimuri. Keskusimuri soveltuu monikerroksisille rakennuksille. Keskusimuri sijoitetaan normaalisti rakennuksen pohjakerrokseen. Runkolinja rakennetaan metalliputkistosta tai jäykästä imuletkusta yleensä porashuoneeseen. Jokaisessa kerroksessa tulee olla imurasiat. (Koski et al. 2013, s. 39). Keskusimurit poistavat imuilman takaisin rakennukseen, joten niissä käytetään nykyään HEPA H13 -suodattimia. Pienimmät keskusimurit ovat yksivaiheisia, ja niitä voi käyttää yksi henkilö kerrallaan. Kolmivaihemoottorilla varustetut keskusimurit soveltuvat kahdelle yhtäaikaaiselle käyttäjälle ja korkeisiin rakennuksiin. Keskusimurit varustetaan esierottimella. (Imutec 2015a). Esimerkki rakennusimurista on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. HEPA-suodattimella varustettu rakennusimuri.

Kontti-imurissa koneisto on asennettu rakennuksen ulkopuolella olevaan teräskonttiin. Kontti-imuri liitetään rakennukseen asennettuun imuputkistoon, kuten keskusimuri. Kontti-imurit ovat usein keskusimureita tehokkaampia. Ne sisältävät kontin kylkeen asennetun esierottimen, mikä mahdollistaa karkean jätteen tyhjennyksen suoraan lavalle tai jäteastiaan. Imuilma poistetaan sijoituksesta johtuen ulkoilmaan. (Imutec 2015b). Kontti-imuri on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Kontti-imuri, jonka kyljessä on esierotin (Imu-Tec Oy 2019).

Saneeraustyömailla voidaan käyttää rakennusjätteen poistamiseen suurtehoimuria. Suurtehoimurilla voidaan poistaa esimerkiksi eristeet väli- ja yläpohjasta sekä maa-aines ja jäte alapohjasta. Suurtehoimurit ovat kuorma-autolla siirrettäviä tai kuorma-autoon asennettuja. Letku viedään imurilta työkohteeseen ja varustetaan työhön sopivalla suuttimella. Materiaali imetään imurin säiliöön, jossa se kuljetaan pois. Säiliö tyhjenetään kippaamalla tai puhaltamalla. Suuren ilmamäärän takia suurtehoimuri alipaineistaa imuroitavan tilan, mikä rajoittaa pölyn leviämistä. (ASTQ 2015, s. 53–54).

Kohdepoistoimuri on virran ulosotolla varustettu M- tai H-luokiteltu rakennusimuri. Kohdepoistolla varustettu työkone liitetään virran ulosottoon. Työkone ohjaa imurin toimintaa. Työkoneen sammuttamisen jälkeen imuri jää hetkeksi päälle, jotta imuletku ehtii tyhjäntä. (ASTQ 2015, s. 24).

Korkeapaineisessa kohdepoistossa pölyä poistetaan HEPA-suodattimella varustetulle liikuteltavalla rakennusimurilla tai keskusimurilla. Imuri liitetään työkoneeseen, esimerkiksi piikkauskoneeseen, hiomalaitteeseen tai sirkkeliin. Korkeapaineista kohdepoistoa käytetään poistamaan pöly sen syntypaikalta. Korkeapaineisen kohdepoiston teho perustuu kohdistettuun, nopeaan ilmavirtaukseen. Suositeltavat virtausnopeudet betonipölylle ovat 25–30 m/s ja puupölylle 14–16 m/s. (Koski et al. 2013, s. 23–24).

Korkeapaineinen kohdepoisto on melko edullinen menetelmä. Pöly poistetaan vain pieneltä alueelta, joten se ei sovellu kaikkiin purku- tai eristystöihin. Hyvin toimiva korkea-

painen kohdepoisto poistaa pölystä 80–97 % työstä ja työkoneesta riippuen. Korkeapaineisen kohdepoiston avulla voidaan vähentää hengityssuojaimien käyttötarvetta. (Koski et al. 2013, s. 23–24).

Korkeapaineisin kohdepoiston käyttöä haittaa, että kaikkiin vanhempiin työkoneisiin ei ole saatavilla kohdepoistovarustusta. Lisäksi jokainen yhtä aikaa käytössä oleva työkone vaatii oman rakennusimurin tai letkun keskusimuriin. (Heino 2011, s. 183).

2.4.2 Matalapaineinen kohdepoisto ja ilmanpuhdistus

Osastojen alipaineistukseen tarkoitettuja laitteita käytetään myös ilmanpuhdistukseen. Ilmanpuhdistaja varustetaan HEPA H13-suodattimella. Ilmanpuhdistujaa käytetään, kun suodatettua ilmaa ei haluta johtaa ulos rakennuksesta. Ilmanpuhdistaja säilyttää tilan lämpö- ja kosteusolosuhteet. Tämä vähentää kylmissä olosuhteissa jäähtymistä, mutta ei poista kosteutta. (Ratu 1225-S 2009, s. 15). Laitteen poistoilma voi nostaa lattialta pölyä ilmaan (Heino 2011, s. 183).

Matalapaineisessa kohdepoistossa käytetään karkeasuodattimisella pölynkerääjällä varustettua alipaineistajaa. Poistoilma johdetaan pois tilasta muovisen poistoputken tai muovisukan avulla. (Ratu 1225-S 2009, s. 15). Alipaineistaja sijoitetaan pölynlähteen välittömään läheisyyteen. Matalapaineisessa kohdepoistossa ilmamäärä on suuri, mutta virtausnopeus on matala. Matalasta virtausnopeudesta johtuen laitteen pölynsieppauskyky ei ole kovin hyvä, ja laitetta joudutaan siirtämään usein. (Koski et al. 2013, s. 23). Matalapaineiseen kohdepoistoon käytettävä alipaineistaja on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Alipaineistajaa käytetään matalapaineiseen kohdepoistoon täydentämään korkeapaineista kohdepoistoa.

2.4.3 Osastointi ja alipaineistus

Osastoinnilla erotetaan puhtaudeltaan eritasoiset tilat toisistaan. Osastot jaetaan olemassa olevien rakenteiden ja tilapäisten suojasienien avulla. Epäpuhtaan tilan tulee olla alipaineinen puhtaaseen tilaan verrattuna, jotta likainen ilma ei pääse virtaamaan puhtaampaan tilaan. Paine-eroa ei aina tarvita, mikäli osastot voidaan erottaa toisistaan tiiviillä suojaseinällä eikä osastojen välillä tarvitse kulkea. (Koski et al. 2013, s. 25). Pölyn leviämisen estämisestä mahdollisiin käytössä oleviin tiloihin huolehditaan koko rakennushankkeen ajan (Andersson 2004, s. 26–27). Osasto ei ole ainoa pölyntorjuntatoimenpide, joten osaston sisällä on käytettävä kohdepoistolla varustettuja työkaluja (Ratu 1225-S 2009, s. 15).

Osastointiin käytetään ensisijaisesti olemassa olevia rakenteita. Rakenteista saadaan tiiviimpiä teippaamalla niihin muovikalvo. Olemassa olevia rakenteita täydennetään tarvittaessa väliaikaisilla suojaseinillä, jotka voivat olla muovi- tai levyrakenteisia. Tilapäiseksi suojaseiniksi soveltuu katon ja lattian väliin puurimoilla pingotettu muovikalvo. Kestävämpi suojaseinä saadaan rakentamalla puurunko, johon muovi kiinnitetään. Saumat teipataan tiiviiksi. Pitkäaikaisina suojaseininä käytetään levyrakenteisia seiniä. (Kanerva et al. 2013, s. 46). Läpiviennit tiivistetään huolellisesti. Suojaseinien ja läpivientien on

täytettävä palomääräykset, mikäli ne erottavat palo-osastoja toisistaan. (Heino 2011, s. 184). Kuvassa 7 on esitetty levyrakenteinen suojaseinä.



Kuva 7. *Levyrakenteinen suojaseinä.*

Osastojen välillä käytetään laahuksella varustettuja ovia, rakennusmuovista tehtyjä ovia tai vetoketjullisia muovioivia. Jos osastoidusta tilasta on vaarana päästä pölyä puhtaaseen tilaan kulkuaukon kautta, rakennetaan kulkuaukkoon kahdesta ovesta koostuva sulkutila. Asbesti- ja mikrobipurkutyössä sulkutilan tulee olla kaksiosoinen. Tarvittaessa sulkutila alipaineistetaan niin, että ilma palautuu likaiselle puolelle. (Koski et al. 2013, s. 26).

Osastointi rakennetaan usein korjattavan tilan ympärille. Tällöin osastoon järjestetään alipaine alipaineistajilla, jotka puhaltavat osastolta ilmaa yleensä ulkoilman. Joskus ilma joudutaan palauttamaan takaisin rakennukseen. Tällöin ilmavirtaus suunnataan niin, ettei se aiheuta pölyn liikettä. (Koski et al. 2013, s. 27). Mahdollisia polttomoottorikoneita käytettäessä varmistutaan riittävästä ilmanvaihdosta, jotta pakokaasu saadaan poistettua tilasta (Andersson 2004, s. 26). Osastoinnin on oltava tiivis, jotta alipaineistus säilyy riittävän tehokkaana (Ratu 82-0240 2000, s. 8). Asbestipurkutyössä osastoinnin tiiveys tulee varmistaa merkkisavun avulla. Testi suositellaan tehtäväksi alipaineistajat pois kytkettyinä, koska se paljastaa vuotokohdat myös vikatilanteen sattuessa. (SLIC 2006, s. 95).

Alipaineistaja tulee varustaa HEPA H13-suodattimella, jos ilma johdetaan takaisin rakennukseen. Ulkoilmaan poistettaessa riittää karkeasuodatin G1–G5 tai hienosuodatin F5–F9. Ympäristön salliessa alipaineistus ilman suodattimia on mahdollinen. (Takkunen 2014, s. 30). Jos ilmanpoistoputki kulkee palo-osastojen välillä, se varustetaan palopelillä (Koski et al. 2013, s. 27).

Korvausilma virtaa osastoon ulkoa ja puhtaammista tiloista (Koski et al. 2013, s. 27). Korvausilma-aukot ja alipaineistajat sijoitetaan niin, että ilma virtaa koko osastolla (Ratu 1225-S 2009, s. 15). Talvella korvausilmareitille voidaan asentaa lämmitin, joka estää osaston jäähtymistä ja vähentää vedon tunnetta. Lämmittiminä käytetään lämpövastusta tai rakennuksen lämmitysjärjestelmään liitettyä vesikiertoista patteria. (Koski et al. 2013, s. 28).

Sopiva alipaine osastolla on 5–15 Pa. Liian suuri alipaine voi rikkoa osastoinnin tiivistyksiä, vaikeuttaa ovien avaamista ja imeä epäpuhtauksia rakenteiden läpi osastolle. (Koski et al. 2013, s. 27). 5 Pa alipaine on melko alhainen, jolloin ulkoiset tekijät voivat vaikuttaa osaston toimintaan. Esimerkiksi voimakas tuuli voi heikentää alipainetta. (SLIC 2006, s. 95). 1.1.2016 voimaantulleessa Valtioneuvoston asetuksessa asbestityön turvallisuudesta on annettu paine-erolle vähimmäisarvot osastointimenetelmää käytettäessä. Asbestipurussa alipaineen osastolla on oltava vähintään 5 Pa ja krokidoliittia eli vaarallisinta asbestityyppiä purettaessa 10 Pa. Paine-eroa täytyy seurata tallentavalla mittalaitteella, joka hälyttää paine-eron laskiessa liian pieneksi. (A 798/2015, 13 §).

Alipaineistajat valitaan niin, että ilma vaihtuu osastolla 6–10 kertaa tunnissa. Terveydelle vaarallisia aineita käsiteltäessä ilmanvaihto on oltava vielä voimakkaampi (Koski et al. 2013, s. 27). Takkusen (2014, s. 29) mukaan tarvittava ilmavirta osastolla on

$$m^3/h=6-20 \cdot V,$$

jossa V on alipaineistettavan tilan tilavuus.

Alipaineistajien tuottama ilmamäärä sopivilla suodattimilla selvitetään. Alipaineistajien tehoa ja määrää mitoitettaessa on huomioitava, että niiden teho laskee suodattimien täyttyessä. (Koski et al. 2013, s. 27). Alipaineistus toimii luotettavasti, kun tilassa on vähintään kaksi eri virtapiireihin kytkettyä alipaineistajaa. Yhdellä alipaineistajalla vikatilanne aiheuttaa alipaineen katoamisen tilasta. (Ratu 82-0381 2011, s. 7). Heinon (2011, s. 185) mukaan alipaineistus on mitoitukseltaan rakennustyömailla usein puutteellinen. Heinon mukaan alipaineistuslaitteiden määriä ei yksilöidä tarjouspyyntöasiakirjoissa, eikä niitä juuri huomioida urakkalaskennassa.

Ylipaineistusta käytetään, kun halutaan suojata puhtaita tiloja ja tekniikkaa (Koski et al. 2013, s. 28). Ylipaineistukselle suojataan esimerkiksi työmaa-alueen sisälle jääviä sähkökaappeja (Kanerva et al. 2013, s. 47).

Osastoitujen tilojen painesuhteet selviävät helposti silmämääräisesti. Muoviseinät ovat painuneita matalamman paineen tilaa kohti. Paine-erot saadaan selville luotettavammin mahdollisesta alipaineistajan mittarista tai käyttämällä jatkuvalla muistilla varustettuja mittareita. (Ratu 1225-S 2009, s. 15).

2.4.4 Rakennussiivous

Rakennussiivous tarkoittaa rakentamisen aikaista siivousta ja loppusiivousta (Andersson 2004, s. 9). Rakennussiivouksen tarkoitus on poistaa pinnoilta irtolika ja estää lian leviäminen. Tämä varmistaa puhtaat asennusolosuhteet ja estää pintojen vaurioitumisen. (Takkunen 2014, s. 18). Korjausrakentamisessa säilytettävät pinnat suojataan, jotta vältetään rikkoutuminen, likaantuminen ja pölyn kerääntyminen vaikeasti puhdistettaviin paikkoihin. Sisärakennusvaiheessa kiinnitetään huomiota kiintokalusteiden, lattiapintojen ja tekniikkaosien suojaamiseen. Rakennussiivoojan tehtäviin voi kuulua suojauksien kunnon ja riittävyyden tarkkailu. (Andersson 2004, s. 19, 26–27). Rakennussiivous tukee sisäilmastolle asetettujen tavoitteiden saavuttamista. Oikein siivotulla rakennustyömaalla työskentely on miellyttävää, tehokasta ja turvallista. Siisti työmaa vähentää tapaturmia ja pitkäaikaisesta pölylle altistumisesta aiheutuvia terveyshaittoja. Siisti työmaa kohentaa yrityskuvaa. (Andersson 2004, s. 9–10).

Rakennussiivous aloitetaan korjaustyömaalla välittömästi purkutöiden alettua. Karkea purkujäte kerätään koneilla tai lapiolla, ja kuljetetaan jätekeräyspisteeseen. Irtolika siivotaan yleensä lattiakuivaimella. Harjan käyttö on sen ilmaan nostattaman pölyn takia kielletty, kuten muissakin rakennusvaiheissa. Lattiapinnat imuroidaan viimeistään purkutöiden loputtua. Siivoustiheys määräytyy tiloille asetettujen puhtausvaatimusten mukaan. Purku-urakoitsija vastaa usein jätteiden keräyksestä ja siivouksesta työalueellaan. Säilytettävät materiaalit on suojattava. (Andersson 2004, s. 26).

Uudisrakentamisen runkovaiheessa rakennusjäte ja karkea lika siivotaan pois, mikä nopeuttaa pintojen kuivumista. Runko- ja sisärakennusvaiheessa jätteet kootaan lattiankuivaimella. Jätteet on lajiteltava jäteastioihin. Etukäteen sovitaan, kuuluuko työpisteessä syntyvän jätteen lajittelu työntekijöille vai rakennussiivoojille. Sisärakennusvaiheessa päämenetelmä pölyn poistamiseen on kohdepoisto. Kohdepoiston ohi päässyt

pöly imuroidaan lattialta heti työvaiheen päätettyä. Pintamateriaaleja ja kalusteita asennettaessa pölyntuotto on melko vähäistä, kun työkoneet on liitetty kohdepoistoon ja käytetään pölyämättömiä työmenetelmiä. (Andersson 2004, s. 11, 26–27).

Jätteiden lajittelu niiden syntypisteessä vähentää pölyn leviämistä työpisteen ulkopuolelle (Andersson 2004, s. 9). Jätteille on oltava tarpeeksi keräyspisteitä työmaalla. Niitä voi olla sekä ulko- että sisätiloissa. (Takkunen 2014, s. 17). Jäteastioiden liikuttelu on sujuvaa, kun ne tyhjennetään riittävän usein (Andersson 2004, s. 26).

Rakennukseen kulkeutuu likaa ja kosteutta materiaalien ja ihmisten mukana. Lattianpinnat likaantuvat ja kuivuessaan nostavat pölyä ilmaan. Hiekka ja kivet lisäävät asennettujen lattiamateriaalien vaurioitumisriskiä. Kulkeutuvaa likaa torjutaan käytävien, porrashuoneiden ja muiden kulkuväylien tehostetulla siivouksella. Sisäänkäynteihin sijoitetut ovimatot vähentävät merkittävästi lian ja kosteuden kulkeutumista. (Andersson 2004, s. 20).

Loppusiivous tehdään kahdessa vaiheessa. Loppusiivouksen ensimmäisen vaiheen avulla varmistetaan, ettei toimintakokeiden aikana ilmanvaihtokanaviin pääse pölyä. Loppusiivouksen toinen vaihe tehdään toimintakokeiden jälkeen. Siinä rakennus puhdistetaan luovutushetkellä vaadittavalle tasolle. (Andersson 2004, s. 27). Loppusiivouksen sisältö ja laatuvaatimukset tulee olla määriteltynä urakka-asiakirjoissa (Andersson 2013, s. 19).

Ennen loppusiivouksen ensimmäistä vaihetta lattia-, tekniikka- ja muut suojaukset poistetaan. Suojaukset poistetaan edeten ylhäältä alaspäin, ja ne viedään heti jätteidenkeräysastioihin. Rakennustyöt täytyy keskeyttää loppusiivousalueella vähintään kahdeksan tuntia ennen loppusiivouksen ensimmäisen vaiheen aloitusta, eli käytännössä edellisenä päivänä. Tällöin ilmassa mahdollisesti oleva hieno pöly ehtii laskeutua tasopinnoille. Siivous aloitetaan ikkunoiden ja muiden lasipintojen pesulla. (Andersson 2004, s. 27–28). Alakaton yläpuoliset pinnat puhdistetaan. Seuraavaksi puhdistetaan loput vaaka- ja pystypinnat. (Andersson 2013, s. 17). Pinnat on hyvä puhdistaa nihkeäpyyhinnällä, vaikka imuroinnilla saavutettu puhtaustaso riittää toimintakokeiden suorittamiseen (Andersson 2004, s. 28). Puhtaustasoluokassa P1 puhtaus todennetaan visuaalisella arvioinnilla ja pintapölymittauksilla (Andersson 2013, s. 17). Toimintakokeiden jälkeen asennetaan alakattokasetit ja tarvittaessa tehdään pieniä rakennustöitä, kuten paikkamaalaus (Takkunen 2014, s. 35). Kulkua tiloihin rajoitetaan likaantumisen estämiseksi. Tarkastussiivouksilla ylläpidetään puhtaustasoa ja poistetaan toimintakokeiden jälkeisistä mahdollisista rakennustöistä aiheutunut lika. (Andersson 2004, s. 29).

Loppusiivouksen toisessa vaiheessa pinnoilla oleva pöly ja tahrat poistetaan nihkeä- tai kosteapyyhinnällä. Lattiapinnoilla tehdään käyttöönottopuhdistus, jossa lattia puhdistetaan ja lattiamateriaalista riippuen esimerkiksi suojataan vahaamalla. Puhdistuksessa ja suojakäsittelyssä on noudatettava valmistajan antamia ohjeita. Lattian suojaukseen käytettävistä aineista sovitaan tilaajan kanssa, jotta tilaaja voi jatkaa ylläpitoa samoilla aineilla. (Andersson 2004, s. 29–30). Puhtausluokassa P1 puhtaus todennetaan visuaalisella arvioinnilla ja pintapölymittauksilla, kuten loppusiivouksen ensimmäisen vaiheen jälkeen (Andersson 2013, s. 17). Loppusiivouksen tyypillisimpiä puutteita ovat lasi- ja laattapintojen kirjavuus sekä korkea pintapölymäärä jalkalistojen päällä ja pattereiden takana (Andersson et al. 2016, s. 343).

Rakennuksen vastaanoton jälkeen vastuu puhtaudenhallinnasta siirtyy kiinteistön omistajille ja käyttäjille. P1-puhtausluokan kohteissa puhtaustaso laskee vastaanoton jälkeen, ellei puhtaudenhallintaa valvota riittävästi. Pintapölymääriin voidaan vaikuttaa noudattamalla tehostettua siivousta jälkitöissä sekä muutto- ja käyttöönottovaiheessa. (Andersson et al. 2012, s. 327–328).

TPA Andersson Oy tutki kuuden vuosina 2010–2011 valmistuneen rakennuksen pintapölymäärää vastaanottohetkellä, muuton aikana, ennen käyttöönottoa ja kaksi kuukautta käyttöönoton jälkeen. Kohteissa noudatettiin tehostettua siivousta, jota jatkettiin kaksi kuukautta muuton jälkeen. Tehostetussa siivouksessa kaikki näkyvät pinnat pyyhittiin muuton jälkeen ennen käyttöönottoa. Yli 180 cm korkeudella olevat pinnat pyyhittiin viikoittain ja muut pinnat päivittäin. Tutkimuksessa havaittiin, että rakennuksen oltua käytössä kaksi kuukautta lattioiden pintapölymäärä oli vähentynyt 50 % vastaanottovaiheesta. Toisaalta siivoustoimenpiteistä huolimatta tasoilla olevan pölyn määrä oli kasvanut lähes 50 %. Lattiapintojen mittausten keskiarvo alitti P1-puhtausluokan rajan lattioille eli 3 %. Tasojen mittausten keskiarvo ylitti niukasti P1-puhtausluokan raja-arvon 1 % käyttöönottovaiheessa ja sen jälkeen. Kohteiden välillä oli enemmän vaihtelua. (Andersson et al. 2012, s. 327–331).

Tehostettu siivous muutto- ja käyttöönottovaiheessa rajoittaa pintapölyn määrää. Tehostetun siivouksen hyödyt ovat sitä isommat, mitä enemmän pintapölyä vastaanottovaiheessa on. Tehostetulla siivouksella pystytään pitämään kohde vähintään lähellä sisäilmastoluokituksen raja-arvoja vastaanoton jälkeen. (Andersson et al. 2012, s. 332).

Muuton aikana lattiapintojen tulee olla suojatut niin, etteivät ne vaurioidu kalusteiden ja laitteiden käsittelyssä. Suojaus on mahdollista tilata esimerkiksi rakennusliikkeeltä. Sisäänkäynteihin sijoitetut tekstiilimatot sitovat kosteutta ja likaa. Ulko-ovet suljetaan pö-

lynleviämisen rajoittamiseksi aina kun mahdollista. Pakkaukset puretaan siihen osoitussa tilassa. Pölyn leviämistä voidaan myös rajoittaa sijoittamalla pakkausten purkupaikkeen yhteyteen ilmanpuhdistimia. Käytetty irtaimisto on puhdistettava ennen pakkaamista ja kohteeseen kuljettamista. (Takkunen 2015, s. 13–15).

2.4.5 Puhtausluokan P1 erityispiirteitä

Puhtausluokan P1 noudattaminen rakentamisessa edellyttää vähän pölyä tuottavien menetelmien käyttöä, pölyn leviämisen estämistä ja säännöllistä siivousta. Lisäkustannuksia aiheutuu eniten, jos perussiivouksesta on tingitty ennen P1-puhtausluokan käyttöönottoa. Materiaalikustannuksia saadaan pienennettyä, koska puhtaalla työmaalla materiaaleja turmeltuu vähemmän. Puhtaus vähentää materiaalien likaantumista, rikkoutumista ja kastumista. Työtatapaturmien riski pienenee, mistä saadaan kustannussäästöjä. Kustannushallinnan takia tilaajalla ja rakentajalla tulee olla sama käsitys puhtauden tasosta. (Laakkonen et al. 2010, s. 6).

P1-puhtausluokan alueilla ei saa työstää materiaaleja. Puhtausluokassa P1 massojen sekoituspiste eristetään muusta kohteesta esimerkiksi ilmanpuhdistajalla varustetulla teltalla. (Laakkonen et al. 2010, s. 12). Pääurakoitsija vastaa, että ilmanvaihtotöiden alkaessa talotekniikan vaatimat läpiviennit on tehty. Työmaaliikenne ohjataan niin, ettei ilmanvaihdon asennusalueella ole läpikulkua. (Takkunen 2014, s. 31).

Työmaalla pölyä kerääviä paikkoja eli pölysäiliötä ovat esimerkiksi rakennusmateriaalivarastot, alakattojen yläpuolet ja avonaiset sähkökourut. Pölyn kertymistä vähennetään pölynpoistomenetelmien lisäksi keskitetyillä ja suojatuilla varastoilla sekä asennettujen tekniikkaosien suojauksilla. (Andersson 2004, s. 19).

Aliurakoitsijoiden sopimuksiin kirjataan työmaa-aikataulun mukainen, urakoitsijolta edellytettävä puhtaustaso eri rakennusvaiheissa. Urakoitsijan tulee ylläpitää sovittua puhtaustasoa työnsä aikana. Urakoitsija luovuttaa työalueensa sovitussa puhtaustasoa. Jos urakoitsijan toimet laskevat puhtaustasoa, täytyy tilaa siivota vastaamaan määritettyä puhtaustasoa. Tällöin siivouskulut laskutetaan urakoitsijalta. (Laakkonen et al. 2010, s. 9).

2.5 Kosteudenhallinta

2.5.1 Kosteus puhtausriskinä

Kosteudenhallinnan tavoite on varmistaa rakennuksen käyttäjille terveellinen ympäristö ja vähentää rakentamisen kustannuksia. Kosteudenhallinnalla estätetään kosteusvaurion synty. Kosteusrasituksen vähentäminen lyhentää kuivumisaikoja ja pienentää materiaalihukkaa, mikä tuo säästöjä rakentajalle. (Hatakka 2014, s. 154). Kosteus ja puutteellinen tuuletus tai liian aikainen rakenteiden pinnoittaminen aiheuttaa kosteusvaurioita (Ratu S-1232 2013, s. 5). Kosteutta kestävä materiaali voi kastuessaan aiheuttaa välillisiä vaurioita. Esimerkiksi kivipohjaiset väliseinämateriaalit sietävät kastumista, mutta niiden liian aikainen pinnoittaminen johtaa korjaustoimenpiteisiin. (RIL 250-2011 2011, s. 103).

Homeen kehittyminen edellyttää rakenteelta yli 75–80 % suhteellista kosteutta. Alle 90 % suhteellisessa kosteudessa home kehittyy hitaasti. Lämpötila vaikuttaa merkittävästi mikrobikasvustoon. Home kasvaa parhaiten lämpötilassa 20–40 °C. Korkea ilman suhteellinen kosteus mahdollistaa homekasvun jopa alle +5 °C lämpötilassa. Tyypillisesti mikrobivaurioiden kehittyminen vaatii 90–95 % RH, riittävästi lämpöä ja viikkoja tai kuu-kausia kestävä altistuksen. Rakennusmateriaali vaikuttaa vaurioitumisnopeuteen. Herkimpiä rakennusmateriaaleja ovat puu, puupohjaiset levyt ja paperipintaiset levyt. Sementtipohjaiset materiaalit, muovit ja mineraalivilla kestävä paremmin kosteusrasitusta. Homeen kasvu on vähäisintä lasi- ja metallimateriaaleissa sekä vahvoja suoja-aineita sisältävissä tuotteissa. (RIL 205-2011 2011, s. 154–156).

Rakennusaikainen liian suuri kosteus aiheuttaa homekasvua rakenteeseen. Kasvu loppuu rakenteen kuivuttua, mutta taantunut kasvusto jää rakenteeseen. Korjattavissa rakennuksissa voi olla kuivuneita kasvustoja, jotka jatkavat kasvua rakentamisesta aiheutuneen kosteuden tai kastumisen takia. Taantunut home voidaan hyväksyä rakenteessa, mikäli se ei vaikuta sisäilman laatuun. Rakenteen sisäpinnan lähellä tai ilmavuotoreitillä oleva mikrobikasvusto on huomattavasti haitallisempaa sisäilmalle kuin syvemmillä rakenteessa oleva kasvusto. Asiantuntijat arvioivat vaurion vaikutuksen sisäilmaan. (RIL 205-2011 2011, s. 162–164).

Rakennuksen kuivumista voidaan tehostaa rakenteiden lämmittämällä, ilmavirtausten avulla ja alentamalla ilman suhteellista kosteutta. Ilman kosteuspitoisuus on suuri syksyllä ja kesällä. Tällöin kosteuden poistaminen ilmasta on lämmittämistä tai voimakasta ilmanvaihtoa tehokkaampaa ja edullisempaa. Talon vaipan tulee olla tiivis, jotta ilman kuivattamisesta olisi hyötyä. Kosteuden torjunta suojauksin ja vedenpoistolla on yleensä

kuivattamista edullisempaa. Talvella ja keväällä ulkoilma on kuivempaa, joten riittävä lämpötila ja ilmanvaihto ovat ilmankuivausta soveltuvampia kuivaustapoja. (Ratu S-1232 2013, s. 5). Betonin kuivumisaika puolittuu, kun rakenteen lämpötila nostetaan +10 °C:sta +30 °C:een (RIL 250-2011 2011, s. 104).

Rakennusmateriaaleista vapautuu kuivumisen aikana merkittävä määrä kosteutta. Kosteuden poistaminen ilmanvaihdon avulla on syksyä lukuun ottamatta tehokas kuivausmenetelmä. Ilman tulee vaihtua yleensä 1–2 kertaa tunnissa. Syksyllä kuivattamiseen on varattava riittävästi aikaa tai käytettävä koneellisia kuivaimia. Talvella lämmitykseen täytyy kiinnittää huomiota, jotta siitä ei aiheudu ylimääräisiä kustannuksia. Ikkuna-aukot ja muut suuret läpiviennit peitetään tai niihin asennetaan lopulliset osat. Holvit suojataan niin, etteivät vesi ja lumi pääse turmelemaan esimerkiksi asennettuja ikkunoita. Korvausilma-aukkoina voidaan käyttää väliaikaisten ulko-ovien karmin ja seinään väliin jääviä rakoja. Nestekaasulämmittimien tuottama kosteus on huomioitava kuivattamisessa ja ilmanvaihdossa. 1 kg nestekaasua tuottaa palaessaan 1,6 kg vesihöyryä. (Koskenvesa et al. 2012, s. 130–131).

Merkittäviä kosteusriskejä ovat muun muassa materiaalien unohtuneet ja hajonneet suojaukset, virheet vesikaton läpivienneissä, kosteille tai likaisille pinnoille tehdyt pinnoitus-työt ja runkorakenteisiin jäävät vesitaskut. (Koskenvesa et al. 2012, s. 132).

Nykyisillä menetelmillä ei voida viedä koko rakennushanketta läpi kuivissa olosuhteissa kustannusten takia. Runkorakenteiden tulee olla kosteudenkestäviä, jotta välttyään rakennusvaiheen aiheuttamilta kosteusvaurioilta. Rakenteiden tuuletusratkaisujen tulee olla toimivia ja työmaan näkökulmasta asennuskelpoisia. (Koskenvesa et al. 2012, s. 129).

2.5.2 Kuivaketju

Kuivaketju tarkoittaa rakennusmateriaalien ja -osien kuivana pysymisen varmistamista niiden valmistamisesta käyttöön asti. Kuivaketju koostuu seuraavista vaiheista: valmistus, kuljetus, varastointi, asennus ja käyttö. (Koskenvesa et al. 2012, s. 131).

Kuivaa rakentamistapaa on noudatettava vähintään korjausrakentamisessa, puurakentamisessa ja sisävalmistustöissä. Rakennuttaja määrittelee kuivan rakentamisen tarpeen. Kuivassa rakentamisessa työt tehdään kuivissa olosuhteissa. Rakennuksen vesikaton ja vaipan täytyy olla vedenpitävä tai rakentaminen tehdään sääsuojuksessa. Lämpötilan tulee olla vähintään 15 °C ja ilman suhteellisen kosteuden alle 70 %. (Koskenvesa et al. 2012, s. 129–130). Kuivumisen kannalta sisäilman tavoitearvot ovat suhteellinen

kosteus alle 50 % ja lämpötila yli 20 °C (RIL 250-2011 2011, s. 104). Materiaalit on toimitettava työmaalle suojattuina. Ne varastoidaan suojattuina tai sääsuojassa. Materiaalit suojataan asennuksen aikana ja asennuksen jälkeen, kunnes rakennuksen vesikatto ja vaippa ovat vedenpitäviä. (Koskenvesa et al. 2012, s. 129–130). Sääsuojien kustannuksia ovat vuokra- ja pystytyskulut. Sääsuojien käyttö toisaalta parantaa asennusolosuhteita ja lisää tuottavuutta. (Koski et al. 2013, s. 45). Kuvassa 8 on esimerkki sääsuojan alla rakennettavasta asuinkerrostalon katosta.



Kuva 8. Kevytsoraeristeistä asuinkerrostalon kattoa rakennetaan sääsuojan alla.

Työmaalle voidaan nimetä kosteudenhallinnasta vastaava työnjohtaja (RIL 205-2011 2011, s. 93). Hänen tehtäviinsä kuuluu työmaalle laaditun kosteudenhallintasuunnitelman toteuttaminen. Hän varmistaa, että kaikki kosteudenhallintaan liittyvät tehtävät toteutetaan oikein ja tarvittaessa niitä muutetaan paremmiksi. Hän hankkii tarvittavat lämmittimet ja kuivaimet työmaalle. Kosteudenhallinnan suorittamisesta, mittaustuloksista ja poikkeamista pidetään kirjaa. Työntekijöitä tulee valistaa ja opastaa kosteudenhallinnasta. Työmaalle sijoitetaan näkyville lyhyitä muistilistoja tärkeimmistä kosteudenhallintatoimenpiteistä. (RIL 250-2011 2011, s. 108).

Kosteudenhallinta ei ole pelkästään työmaalla tehtävää suojaustyötä. Kosteudenhallintaprosessi alkaa rakennushankkeen suunnitteluvaiheessa ja jatkuu rakennuksen käyttöön asti. Rakennuttajan laatuvaatimukset ja suunnittelijoiden ratkaisut ovat kosteuden-

hallintaprosessin ensimmäinen vaihe. Kosteudenhallinnan laatua voidaan edistää sopimalla palaveri suunnittelijoiden ja työmaan kesken. Palaverissa käydään suunnitteluratkaisut läpi ja työmaa varmistaa, ovatko ratkaisut järkevästi toteutettavissa. Kuivumisajat on huomioitava suunnitelmissa ja aikataulussa. Rakentamisen loppuvaiheessa kosteudenhallinta varmistetaan huolellisella talotekniikan mittauksella ja säädöllä. Rakennuksen käyttäjää on ohjeistettava kiinteistön oikeasta käytöstä, jotta väärällä käytöllä ei katkaista kuivaketjua. Laadukas kiinteistönhallintapalvelu mahdollistaa kuivaketjun ylläpidon rakentamisprosessin jälkeen. (Hienonen et al. 2015, s. 350–352).

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (A 782/2017) korvasi aiemmin käytössä olleen Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C2, Kosteus, määräykset ja ohjeet 1998:n vuonna 2018 (Ympäristöministeriö 2017, s. 1). Uusi asetus edellyttää rakennushankkeeseen ryhtyvältä kosteudenhallintaselvityksen laatimista. Siinä esitetään vaatimukset rakennushankkeen kosteudenhallinnalle hankkeen eri vaiheissa, vaatimusten varmistustavat, kosteudenhallinnan henkilöresurssit ja kosteudenhallinnasta vastaava henkilö. (A 782/2017, 12 §). Rakennushankkeeseen ryhtyvän on hyvä määritellä kosteudenhallinnan taso suunnitteluohjeissa, tarjouspyynnöissä ja sopimusasiakirjoissa. Vaatimuksella kosteudenhallinnasta vastaavasta henkilöstä tavoitellaan sitä, että rakennushankkeeseen ryhtyvä nimeää pätevän asiantuntijan valvomaan ja ohjaamaan rakennushankkeen kosteudenhallintaa. (Ympäristöministeriö 2017, s. 11). Vastaava työnjohtaja huolehtii, että kosteudenhallintaselvityksen pohjalta laaditaan kosteudenhallintasuunnitelma. Kosteudenhallintasuunnitelmassa on mainittava kosteudenhallinnasta vastaavat henkilöt rakennusvaiheittain. (A 782/2017, 13 §). Kosteudenhallintasuunnitelma tulee laatia ennen työmaatoteutuksen aloittamista. Kosteudenhallinnasta vastaavat henkilöt huolehtivat kosteudenhallinnan toteutumisesta sekä valvovat ja tarkastavat kosteusteknisiä työsuorituksia. Työnjohto ja työntekijät tulee perehdyttää kosteudenhallintasuunnitelman sisältöön. (Ympäristöministeriö 2017, s. 12). Rakennusvaiheen vastuuhenkilölle kuuluu rakennusmateriaalien ja keskeneräisten rakenteiden suojaaminen kosteudelta (A 782/2017, 14 §). Rakennusvaiheen vastuuhenkilö huolehtii mittauksia käyttäen, että rakenteet ovat riittävän kuivat ennen niiden pinnoittamista kuivumista hidastavilla pinnoitteilla (A 782/2017, 15 §).

Työmaalla kastumisen estämisen osa-alueita ovat rungon suojaus, materiaalien suojaus, keskeneräisten rakenteiden suojaus ja vesivahingon estäminen tai siihen varautuminen. Rungon kosteusrasitukseen tulee kiinnittää huomiota. Roskat ja lika keräävät kosteutta, joten holvit pidetään siisteinä. Talvisin lumi poistetaan mekaanisesti sulattamisen sijaan, koska sulattaminen kastelee rakenteen. Esimerkiksi 5 cm kerros pakkaslunta tuottaa sulaessaan 5 litraa vettä neliömetrille. Paikalla valettu välipohja suojaa

tiivyytensä takia alapuolisia rakenteita ontelolaattaa paremmin. (Ratu S-1232 2013, s. 3, 7). Ontelolaataston sisään jäänyt vesi on ongelmallista, koska sitä ei välttämättä havaita rakentamisen aikana. Veden poistaminen ja ontelolaatan kuivattaminen käytössä olevassa rakennuksessa on vaikeaa. Ongelma pienenee, kun onteloiden vedenpoistoreiät avataan tai niihin tehdään uudet vedenpoistoreiät. (Hatakka 2014, s. 153). Rungon nousunopeus vaikuttaa merkittävästi kosteusrasitukseen. Valmiselementtien käyttö lyhentää asennusaikaa. Höyrynsulkukermi tai aluskate toimii väliaikaisena katteena. Rungon läpiviennit peitetään vesitiivisti, jotta sade- ja sulamisvedet eivät valu alempiin kerroksiin ja eristetilaan. Vaakapinnoille päässyt vesi voidaan poistaa vesi-imurilla. Vesi-imurin tulee olla nopeasti saatavilla, koska se soveltuu ensiavuksi vesivaurioitilanteessa. Kuivauslaitteiden saatavuus tulee selvittää etukäteen, jotta vahinkotilanteessa voidaan toimia nopeasti. Työmaan käyttövesijohdot täytyy sulkea työpäivän päätteeksi. (RIL 250-2011 2011, s. 102–103).

Kuivaketju toimii, kun materiaalit otetaan työmaalle oikeaan aikaan. Materiaalit suojataan heti niiden saavuttua. Työmaalla tulee säilyttää mahdollisimman vähän materiaalia niiden vaurioitumisriskin pienentämiseksi. Materiaalien varastopaikkojen tulee olla olosuhteiltaan mahdollisimman lähellä niiden lopullista sijoituspaikkaa. Sisälle tulevat materiaalit varastoidaan sisätiloissa. Ulos jäävät materiaalit pidetään ulkona peitettynä. Materiaalit irrotetaan alustasta aluspuiden tai kuormalavojen avulla. Keskeneräiset ja valmis-tuneet rakenteet suojataan osana työsuoritusta. Suojaamista tehdään jatkuvasti työn edetessä. (Ratu S-1232 2013, s. 9). Työsuoritus toteutetaan riittävän pienissä osissa, jotta suojaaminen voidaan tehdä saman työvuoron aikana (RIL 250-2011 2011, s. 103).

3. TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUKSEN SUORITUS

3.1 Kirjallisuusselvitys

Kirjallisuusselvityksellä tutkitaan aiemmin tehtyä tutkimusta. Tutkimustulosten kokoaminen on pohja uusille tutkimustuloksille. (Salminen 2011, s. 1). Kirjallisuusselvityksen tyyppinä käytettiin systemaattista kirjallisuuskatsausta. Systemaattisella kirjallisuuskatsauksella tiivistetään aiempien tutkimusten olennainen sisältö, eli se on yleiskatsaus tutkimusongelman aihepiiristä. Lähdemateriaaliksi rajataan tieteellisten tulosten kannalta kiinnostavat tutkimukset. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus soveltuu tulosten esittämiseen tiiviissä muodossa. Tutkittua tietoa hyödynnetään päätöksenteossa. Näyttöön perustuva päätöksenteko on parhaimman toimintatavan etsimistä. (Salminen 2011, s. 9–10).

Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen ensimmäinen vaihe on tutkimuskysymyksien asettaminen. Seuraavaksi valitaan käytettävät tietolähteet. Kolmannessa vaiheessa valitaan hakutermit, joilla tietoa haetaan. Hakutermit valitaan niin, että hakutulokset vastaavat tutkimuskysymyksiin. Seuraavaksi hakutulokset karsitaan esimerkiksi julkaisuvouden perusteella. Viidennessä vaiheessa hakutuloksista rajataan niiden laadun perusteella. Jäljelle jätetään vain tieteellisesti laadukas materiaali. (Salminen 2011, s. 10–11).

Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen kuudes vaihe on kirjallisuuskatsauksen tekeminen valituista lähdemateriaaleista. Viimeisessä vaiheessa tehdään synteesi tuloksista, eli raportoidaan tulokset ja arvioidaan niiden luotettavuutta. (Salminen 2011, s. 10–11).

3.2 Teemahaastattelu

Haastattelu on tyypillisesti päämenetelmä kvalitatiivisessa eli laadullisessa tutkimuksessa. Haastattelun etu verrattuna esimerkiksi kyselyyn on mahdollisuus tulkita vastauksia. Haastattelun avulla voidaan syventää saatavia tietoja, esimerkiksi haastateltavalta voidaan pyytää perusteluja vastauksille. Haastateltavat henkilöt voidaan yleensä tavoittaa uudelleen aineiston täydentämistä varten. (Hirsjärvi et al. 2007, s. 200–201).

Haastatteluun liittyy myös haittapuolia. Haastattelu vaatii paljon aikaa. Puoli tuntia kestävässä haastattelussa ei yleensä saada vastauksia haastavaan tutkimusongelmaan. Haastattelussa on haastattelijasta ja haastateltavasta johtuvia virhelähteitä. Haastatelta-

villa on taipumus antaa itselleen edullisia vastauksia. Haastattelu on myös tilannesidon-
nainen, eli haastateltava saattaa vastata toisin kuin jossain muussa tilanteessa. Näistä
syistä vastauksia ei saa yleistää liikaa. (Hirsjärvi et al. 2007, s. 201–202).

Haastattelutyypit on jaettu kolmeen ryhmään, jotka ovat strukturoitu haastattelu eli loma-
kehaastattelu, teemahaastattelu ja avoin haastattelu. Strukturoidussa haastattelussa ky-
symykset ja niiden esittämisjärjestys on määrätty ennalta. Sen vastakohta on avoin
haastattelu, jossa haastattelu muistuttaa keskustelua. Siinä käydään keskustelua tietyn
aihepiirin sisällä. Muodollisuudeltaan näiden väliin asettuu teemahaastattelu, jota käytet-
tiin tämän tutkimuksen haastattelumenetelmänä. (Hirsjärvi et al. 2007, s. 203–204).

Teemahaastattelussa tutkimusongelmista valitaan keskeiset aiheet, joihin tarvitaan vas-
taukset tutkimusongelman ratkaisemiseksi. Teemat esitetään haastateltavalle joukkona
kysymyksiä. Teemahaastattelussa teemojen käsittelyjärjestyksellä ei ole väliä. Haasta-
teltaviksi valitaan henkilöitä, joilla on asiantuntemusta ja kokemusta teeman aiheesta.
Haastateltavan omakohtainen kokemus on tärkeä. (Vilkka 2007, s. 101–102, 104, 114).

Haastattelukysymykset laaditaan niin, ettei niihin voi vastata kyllä tai ei. Jos vastaus jää
suppeaksi, haastattelijä voi pyytää esimerkkiä tai tarkempaa kuvausta asiasta. Haasta-
teltavan käsityksiä ja kokemuksia pystytään selvittämään perusteellisemmin kysymyk-
sillä, joihin on vaikea vastata lyhyesti. Hyvät haastattelukysymykset alkavat tyypillisesti
sanoilla *mitä*, *miten*, *millainen* ja *miksi*. Haastateltavaa voi pyytää kertomaan käytännön
esimerkkejä tutkittavasta aiheesta. (Vilkka 2007, s. 105–106).

3.3 Tutkimuksen suoritus

Tutkimuksen aihepiiriksi valittiin puhdasrakentaminen. Aihe rajattiin käsittelemään ra-
kennusprojektin toteuttamista puhdasrakentamisen menetelmin. Tutkimukselle asetettiin
pää tavoite, mikä jaettiin kolmeen osatavoitteeseen. Kirjallisuusselvitystä varten tutki-
muskysymyksille valittiin sopivat tietolähteet, joita olivat raportit ja artikkelit. Täydentä-
vinä tietolähteinä käytettiin ohjekortteja ja internet-sivustoja. Tutkimuskysymyksiin vas-
taamiseksi selvitettiin, mitkä asetukset ja ohjeet vaikuttavat oleellisesti tutkimuksen aihe-
piiriin.

Lähteitä haettiin internetin hakukoneilla ja kirjastojen tietokannoista. Hakutermeiksi valit-
tiin tutkimuskysymysten asiasanoja, esimerkiksi *puhtausluokka P1*, *pölyntorjunta*, *kos-
teudenhallinta*, *kuivaketju* ja *rakennussiivous*. Artikkelien ja raporttien lähdeluetteloita
käytettiin alkuperäisten lähteiden etsimiseen.

Lähdemateriaalista rajattiin pois ennen 2000-lukua julkaistut aineistot, koska uudempaa
tietoa oli saatavilla riittävästi. Rajatusta aineistosta valittiin kirjallisuusselvitystä varten

parhaat lähteet. Koneiden, kaluston ja mikrobien mittaamisen tutkimisessa hyödynnettiin myös kaupallisten tahojen tuottamaa materiaalia, mutta eturistiriitoja aiheuttavaa materiaalia ei hyväksytty.

Kirjallisuusselvitys kirjoitettiin kerätystä aineistosta. Aineistoa täydennettiin kirjoitusprosessin edetessä, koska kerätty aineisto ei alussa vastannut kaikkiin tutkimuksen osatavoitteisiin. Lähteitä päivitettiin, kun uusia lakeja, ohjeita ja raportteja julkaistiin.

Haastateltaviksi valittiin case-kohteessa työskennelleitä henkilöitä, joilla oli merkittävä rooli hankkeen puhdasrakentamisessa. Haastateltavia olivat pääurakoitsijan kaksi vastaavaa mestaria, tilaajan päävalvoja sekä kaksi tilaajalle työskennellyttä puhtaudenhallintakonsulttia. Haastattelua pyydettiin useammalta henkilöltä, mutta kaikilta ei sitä saatu. Haastateltavien vaihtelevien roolien avulla tavoiteltiin tietoa eri osapuolten näkökulmasta puhdasrakentamiseen. Vastaavien työnjohtajien ja tilaajan edustajan haastattelut tehtiin case-kohteessa ja puhtaudenhallintakonsulttien puhelimitse.

Haastattelukysymykset laadittiin niin, että kysymykset olivat pääasiassa samoja kaikille. Haastateltavien eri roolien johdosta mukana oli myös kohdennettuja kysymyksiä, jotka liittyivät haastateltavan ammattiryhmän työhön. Näitä kysymyksiä ei olisi ollut mielekästä kysyä kaikilta. Kysymykset kohdistuivat case-kohteen toteuttamiseen ja kohteesta saatuihin havaintoihin. Kysymyksillä haettiin vastausta erityisesti aiheisiin, joista on kirjallisuusselvityksen perusteella vähän tutkimustietoa saatavissa. Haastatteluiden vastaukset kirjattiin haastatteluiden aikana. Lisäksi osassa haastatteluista käytettiin äänen tallennusta, jonka avulla vastaukset voitiin tarkastaa uudelleen. Vastaukset useisiin haastattelukysymyksiin saatiin jo ennen kysymysten esittämistä. Tällöin vastaukset siirrettiin niitä käsittelevän teeman alle, koska teemahaastattelussa kysymysten ja vastausten järjestyksellä ei ole väliä. Haastatteluista saatua aineistoa analysoidaan ja vertaillaan omassa luvussaan. Haastattelukysymykset vastauksineen ovat tutkimuksen liitteinä.

Tutkimuksen tulokset muodostettiin kirjallisuusselvityksen ja teemahaastatteluiden avulla tehdyistä johtopäätöksistä. Tuloksia tiivistettiin ja havainnollistettiin taulukoiden sekä prosessikaavioiden avulla. Kirjallisuusselvitykseen ja teemahaastatteluiden analyysiin liitettiin havainnollistavia valokuvia.

4. CASE-KOHDE

4.1 Perustiedot

Case-kohteeksi valittiin Päijät-Hämeen keskussairaalan rakennusvaihe 6, johon kuului sydänyksikön ja fysiatrian perusparannus sekä apteekin ja obduktion uudisrakennus. Kohteen rakennuttajana toimi Päijät-Hämeen sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymä. Kohteen pääurakoitsija oli Salpausselän Rakentajat Oy. Talotekniikkatyöt oli jaettu sivu-urakoihin. Rakennuttaja käytti kohteessa puhtaudenhallintakonsulttina TPA Andersson Oy:tä. Saneerattava osa ja uudisrakennus eivät olleet yhteydessä toisiinsa. Uudisrakennus rakennettiin kiinni käytössä olevaan sairaalaan. Joitakin uudisrakennukseen liittyviä vanhoja tiloja saneerattiin toimistoiksi ja varastoiksi. Pääurakoitsija jakoi urakkansa kahdeksi erilliseksi työmaaksi, joissa oli oma työnjohto. Työmaista käytetään jatkossa nimityksiä perusparannus ja uudisrakennus. Perusparannuksen rakennusaika oli 8/2014–12/2015 ja uudisrakennuksen 8/2014–3/2016.

Päijät-Hämeen sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymällä oli oma rakennuttajaorganisaatio, eli tilaaja ja rakennuttaja olivat sama taho. Rakennustyöt toteutettiin puhtausluokka P1:n mukaisesti. Perusparannus tehtiin käytössä olevassa sairaalassa. (H5). Perusparannukseen kuului massiivisia purkutöitä. Työmaan tuli olla pölytiivisti osastoitu toimivista sairaalataloista, jonne ei saanut päästä pölyä. (H1).

4.2 Puhtaudenhallinnan suunnittelu

Puhtaudenhallinnan konsultoinnista vastannut TPA Andersson Oy laati työmaille puhtaudenhallintaohjeen. TPA Andersson Oy oli mukana hankkeen suunnittelussa ja suunnittelukokouksissa. (H3). Puhtaudenhallintakonsultin tehtäviä rakennushankkeessa olivat puhtaudenhallinnan ohjeistus, -arviointi ja -valvonta. Hankkeen alkuvaiheessa määritellään puhtaudenhallintakäytännöt ja vastuut urakka-asiakirjoihin. (H1). Puhtaudenhallintaohje laaditaan urakka-asiakirjoissa määritellyn sisäilmastoluokituksen ja P1-vaatimusten pohjalta. Puhtaudenhallintaohje määrittelee toimenpiteet tilaajan toiveiden mukaan toimimiseksi. (H2). Puhtaudenhallintaohje räätälöidään rakennuskohteen mukaan (H1).

Rakennuttajalla ja suunnittelijoilla on kokemuksen avulla hankittua tietoa puhtaudenhallinnasta. Tarvittava tieto puhtaudenhallinnasta on haastateltavan mielestä saatavilla. Tilaaja hyödyntää puhtaudenhallintakonsultin asiantuntemusta ja detaljitasoon ylettyvää

osaamista. (H3). TPA Andersson Oy saa tietoa puhtaudenhallinnasta tutkimuksesta ja oppimalla työn aikana. Tietoa ja kokemuksia kerätään työmailta. TP-arvioinnilla, toimintakoevaiheen tarkastuksilla ja vastaanottotarkastuksilla saadaan lukemia eli numeerista tietoa puhtaudesta mitattavassa kohteessa. (H2). TPA Andersson Oy:n puhtaudenhallintaohjeen laatimisessa käyttämiä lähteitä ovat Terveen talon toteutuksen kriteerit, Sisäilmastoluokitus 2008, Ratu-kortit ja lainsäädäntö (H1).

Perusparannuksen puhtaudenhallinnan suunnittelussa huomioitiin myös kohteen mikrobivauriot. Uudisrakennukseen tehtiin apteekin puhdastilat, joiden erityispiirteet huomioitiin puhtaudenhallinnan suunnittelussa. (H3). Suunnitteluvaiheessa puhtaudenhallintakonsultti osallistui suunnittelukokouksiin. Suunnittelua tehtiin yhdessä tilaajan projektipäällikön kanssa. Esimerkiksi osastointia ja suojaseinien paikkoja suunniteltiin tilaajan kanssa. Urakkalaskentamateriaaleissa määriteltiin puhtaudenhallinnan vaatimukset, jotta laskennassa pystytään huomioimaan puhtausluokka P1:n käytännöt. Urakkaohjelmaan määriteltiin puhtaudenhallintaan liittyvät vastuut ja rikkomuksista aiheutuvat sanktiot. Puhtaudenhallintaohje toimitettiin esimerkiksi ilmanvaihtosuunnittelijalle kommentoitavaksi. Puhtaudenhallintaohjeessa määritellään ilmanvaihdon asennusolosuhteet ja asennuksen puhtaudenhallintamenetelmät. Käytännön toteutus määritellään ilmanvaihdon työselostuksessa. Pääurakoitsija velvoitettiin laatimaan pölynhallintasuunnitelma. (H1).

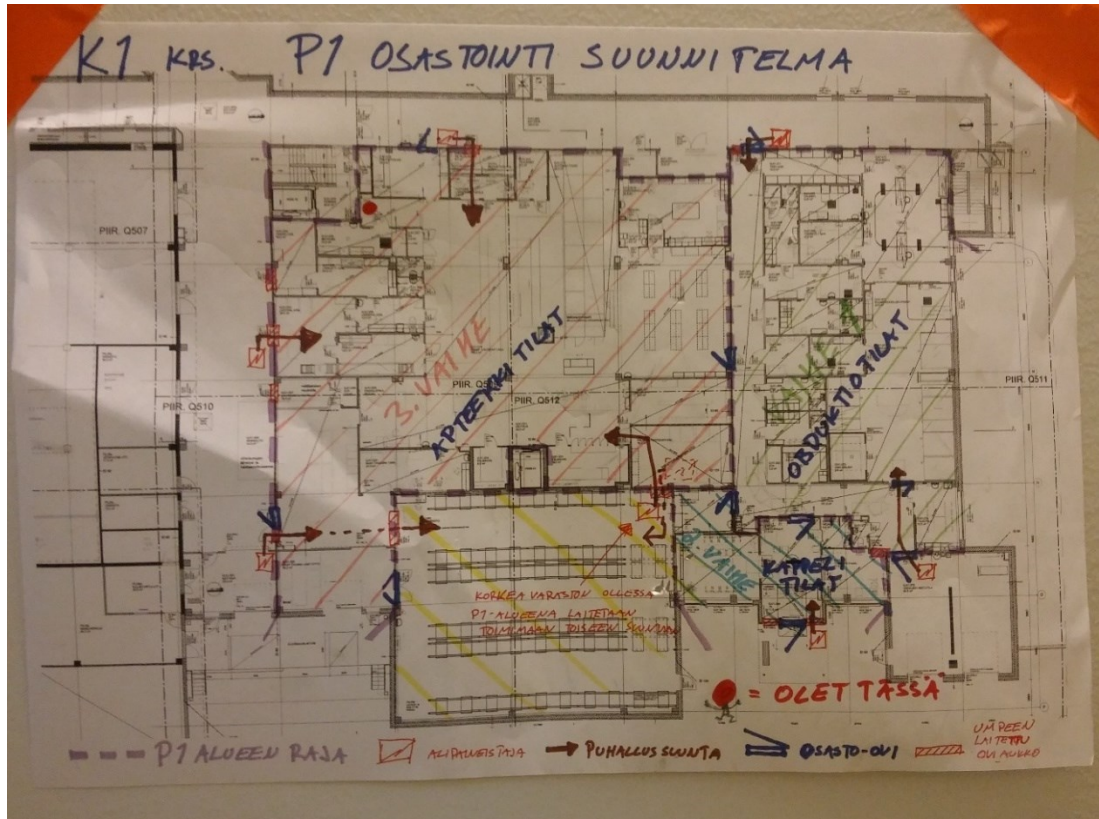
Puhtaudenhallintaohjeen laatimisen lisäksi rakennuttaja järjesti kaksi koulutusta. Uudisrakennukseen kuuluvista apteekin puhdastiloista järjestettiin oma infotilaisuus. (H4). TPA Andersson Oy piti koulutukset. Koko työmaan henkilökunta osallistui niihin. Koulutukset olivat yhteisiä molemmille työmaille. (H5). Koulutuksissa käsiteltiin P1-rakentamista käytännönläheisin kuvin ja esimerkein. Ensimmäinen koulutus käsitteli rakentamisen aikaista puhtaudenhallintaa, johon kuuluu puhtaudenhallintaan liittyvät laitteet, materiaalien varastointi, asennusolosuhteet, jätehuolto, siivous, pölynhallinta ja ilmanvaihdon asennusalueiden vaatimukset (H1). Ensimmäisessä koulutuksessa käsiteltiin, mitä puhtausluokka P1 on ja miten puhtaudenhallinta työmaalla etenee (H2). Jälkimmäiseen koulutukseen kuului puhtaudenhallinta toimintakoevaiheessa ja vastaanottovaiheessa (H1). Toinen koulutus järjestettiin toimintakoevaiheen lähestyessä, jolloin sisävalmistusvaihe oli jo pitkällä. Toiseen koulutukseen kuuluu toimintakoevaiheen ja vastaanottovaiheen puhtausvaatimuksien läpikäynti. (H2). Puhtaudenhallintakonsultin mukaan koulutuksista saatu palaute oli positiivista (H1).

Toisen vastaavan mestarin mukaan puhtaudenhallintakonsultti tekee osittain työjohton työtä koulutuksen avulla, koska perinteisesti puhtaudenhallinnan vaatiminen on ollut

työnjohdon tehtävä. Hän pitää hyvänä, että vaatimusten lisäksi urakoitsijalle tarjotaan tietoa puhtaudenhallintamenetelmistä. (H5).

Pääurakoitsijan ei juuri tarvitse etsiä tietoa puhdasrakentamisesta puhtaudenhallintaohjeen takia. Pääurakoitsijalla oli kuitenkin vastuu päättää, millaisissa alueissa ja millä menetelmillä puhtaudenhallinta toteutetaan. (H4). Myöskään perusparannuksen vastaava mestari ei pitänyt puhtaudenhallintaan liittyvän tiedon saamista vaikeana, koska käytössä oli puhtaudenhallintaohje. Tieto käytettävistä koneista ja laitteista hankitaan itse, mutta sitä oli kertynyt aiemmista kohteista. Laitteiden ja järjestelmien kehittymisen takia tietoa täytyy päivittää. (H5). Kaikki tarvittava tieto on saatavissa (H3).

Pääurakoitsija käytti perusparannuksen puhtaudenhallinnan ja aikataulun suunnitteluun viikkoja. Aikataulut laadittiin lohkoakohtaisesti, jotta kokonaisuus pysyy hallittavana. Pieni lohko mahdollistaa aikataulun tarkan seuraamisen ja nopeat toimenpiteet sen noudattamiseksi. Puhtaudenhallinnan ja aikataulun suunnitteluun osallistuivat myös ilmanvaihto-, putki- ja sähköurakoitsija. Pääurakoitsija laati pölynhallintasuunnitelman kohteen pohjapiirustusten päälle. (H5). Uudisrakennuksella pääurakoitsijan laatimia puhtaudenhallintaan liittyviä suunnitelmia olivat lohkojaot ja osastointisuunnitelma. Suunnitelmat laadittiin ennen P1-asennusalueiden käyttöönottoa. Vaadittujen puhtaustasojen perusteella valittiin puhtaudenhallintamenetelmät niiden saavuttamiseksi. Pääurakoitsija merkitsi pohjapiirustuksiin lohkojaot, paineistajien sijainnit, suljettavat aukot ja kulkureitit. Uudisrakennuksella käytössä ollut osastointisuunnitelma on esitetty kuvassa 9. Rakennuttaja ei merkittävästi ottanut kantaa pääurakoitsijan laatimiin suunnitelmiin, mutta valvoi niiden noudattamista. (H4).



Kuva 9. Työmaalle sijoitettu osastointisuunnitelma, jossa on esitetty esimerkiksi lohkorajat, paineistajien sijainnit ja kulkureitit.

4.3 Puhtaudenhallinnan toteutus

Uudisrakennuksen työmaalla yksi työnjohtajista perehtyi puhtaudenhallintaan muiden työtehtäviensä ohella. Hänen vastuullaan oli P1-puhtaustason saavuttaminen ja sen ylläpito. Puhtaudenhallinnan vaatimustasoa ja sen huomioimista työskentelyssä käsiteltiin työvaiheiden aloituspalavereissa sekä urakoitsijakokouksissa. (H4). Myös perusparannuksella yksi työnjohtajista oli vastuussa puhtaudenhallinnasta (H5).

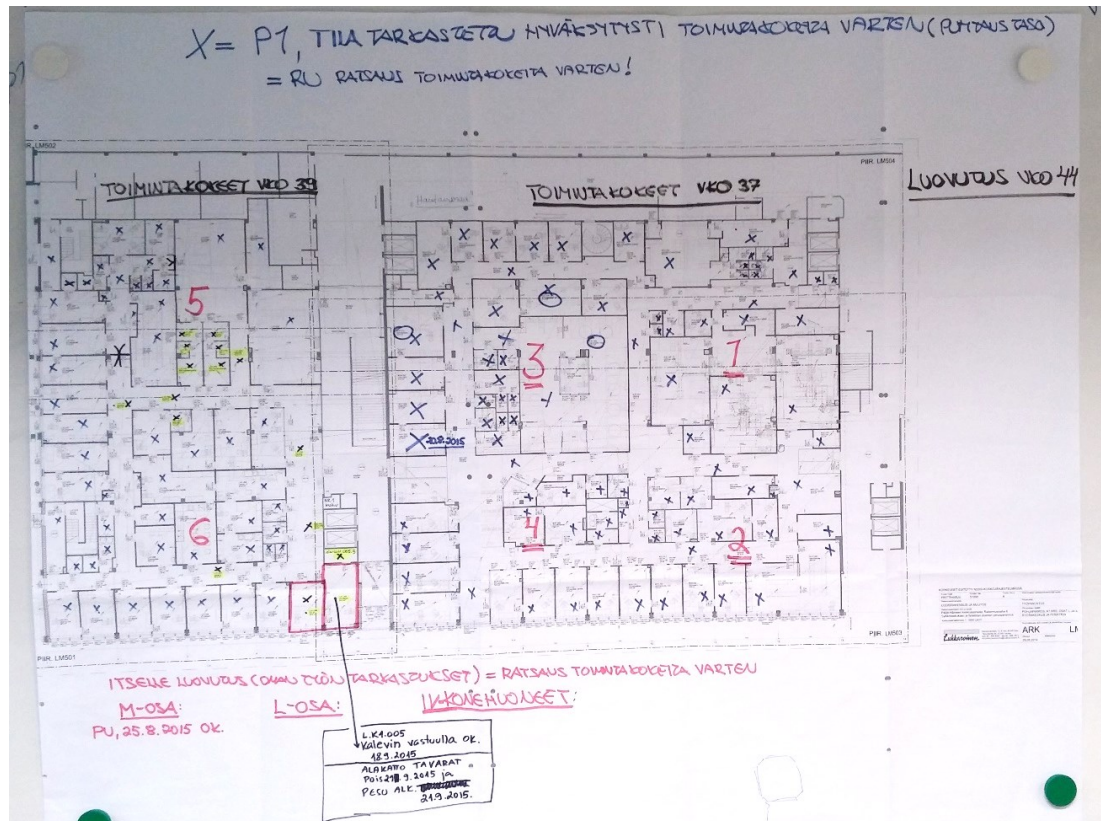
Perusparannuksessa purkutyöt tehtiin puhtausluokan P1 mukaisesti. Polttomoottorikäyttöisten koneiden käyttö sisätiloissa oli kielletty, ettei pakokaasua pääsisi käytössä oleviin tiloihin. Nestekaasua polttoaineena käyttäviä koneita kokeiltiin, mutta häikävaroitimet reagoivat niihin. Seuraavaksi päädyttiin käyttämään polttomoottorilla toimivia koneita, joiden pakoputkiin asennettiin suodattimet. Suodattimet olivat tehokkaita, mutta niitä jouduttiin vaihtamaan noin kahden viikon välein. (H5). Perusparannuksessa työmaata ei saatu aukkojen takia alkuvaiheessa alipaineiseksi toiminnassa oleviin tiloihin verrattuna. Olemassa olevat seinät tiivistettiin huolellisesti. Lisäksi yhdelle käytössä olevalle käytävälle rakennettiin suojaseinä ja käytävä ylipaineistettiin. Tiivistäminen onnistui päävalvojan mukaan hyvin. (H3).

Paras ajankohta pölyn vähentämisen aloittamiseen on rakennuksen vaipan mennessä umpeen. Kun rakennuksen vaippa on ummessa, pöly jää sisätiloihin. Pölyn määrää on vähennettävä systemaattisesti rakennushankkeen loppuun asti. Vuodenaika vaikuttaa työmaan puhtaudenhallintaan. Talvella se on helpompaa, koska ilmassa ei ole siitepölyä eikä piha pölyä. (H5).

Perusparannuksessa tehtiin alakaton mallikatselmus aikaisin, jotta talotekniikan todelliset tilavarukset saatiin selville. Ennen talotekniikan asennuksia urakoitsijat merkitsivät asennustilaan tarvitsemansa tilavaraukset. Tämän jälkeen pidettiin risteilypalaveri. Tarvittavat läpimenot tehtiin kerralla. Talotekniikkaurakoitsijat vastasivat kustannuksellaan jälkikäteen tehtävistä läpimenoista. Jälkikäteen tehtyjä läpimenoja tarvittiin työmaalla vain muutama. Kullekin talotekniikkaurakoitsijalle osoitettiin varastointitilat sisätiloissa. (H5).

Rakenteet täytyy saada kuivatettua nopeasti, jotta talotekniikka-asennukset voidaan aloittaa. Ennen talotekniikka-asennusten aloittamista tilojen tulee olla tasoitettu ja pohjamaalattu. Tilat puhdistettiin ennen kattopintojen pölynsidontakäsittelyä. Talotekniikan yhteiskannakoinnilla vähennetään pölyä, koska talotekniikka-asennusten yhteydessä ei tarvita pölyä aiheuttavien kiinnikkeiden käyttöä. Asennusvalmis, puhdas tila luovutettiin ensimmäisenä ilmanvaihtourakoitsijalle. Pääurakoitsija valvoi, että tila pysyy talotekniikka-asennusten aikana puhtaana. Pääurakoitsija teki läpimenojen kittaukset jokaisen talotekniikan osa-alueen jälkeen, koska alakatoissa oli talotekniikkaa monessa kerroksessa. Ilmanvaihtoasennusten ja niiden läpimenojen kittausten jälkeen tila luovutettiin putki- tai sähköurakoitsijalle. (H5).

Perusparannuksessa ei vastaavan mestarin mukaan tarvittu erillistä 1. vaiheen loppusiivousta ennen toimintakokeiden alkua, koska tilojen puhtausvaatimukset olivat tässä vaiheessa jo niin korkeita. Puhtaudenhallintakonsultti teki P1-tarkastukset tiloihin ennen toimintakokeiden alkua. Pääurakoitsijan pyynnöstä konsultti merkitsi tarkastetut ja hyväksytyt tilat pohjapiirustukseen. Esimerkki tästä on esitetty kuvassa 10. Pääurakoitsijan täytyy varmistaa, että puhtaustaso säilyy hyväksytyissä tiloissa. Toimintakokeet voidaan aloittaa, kun osaston kaikki tilat ovat tarkastettu ja hyväksytty toimintakokeita varten. (H5).



Kuva 10. Toimintakokeita edeltävän P1-puhtaustarkastuksen dokumentointia.

Molemmilla työmailla käytettäviä pölynhallintamenetelmiä olivat osastointi, tilojen väliset paine-erot, työkalujen varustaminen kohdepoistoilla ja päivittäinen siivous (H4, H5). Materiaalisuojaukset liittyvät pölyntorjuntaan, koska puhdasrakentamisessa rakennetaan puhtaista materiaaleista. Pölyä vähennettiin myös työmenetelmävalinnoilla. Esimerkiksi kipsilevyä leikattiin sirkkelillä, jolloin sahauspöly voitiin poistaa koneen kohdepoistolla. Perusparannuksessa käytettiin ilmanpuhdistusta ja alipaineistusta. Niihin käytetään samaa konetta. Lattian hionta on työmaan eniten pölyä tuottava vaihe. Kävely nostaa pölyä ilmaan lattialta. Maalarin on tärkeää käyttää kohdepoistolla varustettuja hiomavälineitä. Putkiasennus tuottaa metallipölyä, kuonaa ja muita epäpuhtauksia. Putkiasennuksiin ei ole saatavilla erillisiä pölynpoistovälineitä. (H5). Sirkkelöinnille, kipsilevyn leikkaamiselle ja muille vastaaville töille oli omat työpisteet. Pölyäviä työvaiheita on, mutta ne ovat hallittuja. (H3). Töiden edetessä avoimet roska-astiat vaihdettiin pienempiin kannellisiin astioihin pölyämisen vähentämiseksi. Perusparannuksessa pääurakoitsija hankki muille urakoitsijoille pölyntorjuntakalustoa, kuten roska-astioita, lastoja ja rikkalapioita. Kustannus oli pieni ja sillä tavoiteltiin suurempaa hyötyä. Havaittiin, että urakoitsijat ottivat hankitut välineet käyttöön siirtyessään perusparannuksesta uudisrakennuksen työmaalle. (H5). Uudisrakennuksessa ei käytetty erillisiä ilmanpuhdistimia, vaan puhdistus tehtiin paineistuksien yhteydessä. P1-asennusalueet ylipaineistettiin ennen asennusten aloittamista, kuten kuvassa 11. Puhtaudenhallintaa edistettiin työntekijöiden valistamisella ja

oviin kiinnitettävillä tiedotteilla. Uudisrakennukseen liittyvät saneerattavat tilat osastoitiin ja alipaineistettiin. (H4). Tupakoinnille oli osoitettu oma paikka (H3).



Kuva 11. Oven takana oleva P1-asennusalue on ylipaineistettu alipaineistajalla.

Pölyntorjuntakalustoa huolletaan puhdistamalla ja vaihtamalla suodattimia. Puhaltimien letkut uusittiin tarvittaessa. Suodattimien vaihdosta huolehtivat työnjohtajat, rakennusmiehet ja siivoojat. (H4). Alipaineistajissa on huoltotarpeen ilmaisevat merkkivalot. Pölynimuriin liitettävien koneiden havaittiin olevan kerääviä koneita tehokkaampia. Mikäli vanhaan koneeseen ei saa liitettyä imuria, sen käyttö edellyttää kahta työntekijää. (H5).

Uudisrakennuksessa osastoinnit jaettiin kerrosten toiminta-alueiden mukaisesti. Tästä syystä osastojen koko vaihteli merkittävästi. Osastojen rajoina toimivat tilojen lopulliset seinät, joten työmaalla ei tarvinnut rakentaa suuria, väliaikaisia osastoivia seiniä. Osastorajojen oviaukkoihin asennettiin väliaikaiset seinät sekä sulkimella ja laahuksella varustetut ovet. Väliaikaiset seinät tehtiin muovikalvosta tai kipsilevystä. Kun lopulliset ovet oli asennettu, ne avattiin ja oviaukkoihin tehtiin uudelleen väliaikainen ovi osastoinnin säilyttämiseksi. Osastojen välille ei tehty sulkutiloja, koska tilaaja ei niitä edellyttänyt. (H4). Suojaseinät on hyvä tehdä kipsilevyrakenteisina, mikäli ne ovat paikoillaan vähintään 2–3 kuukautta. Muoviseinät soveltuvat väliaikaisiin rakenteisiin. Vetoketjuovet vaativat huoltoa. Ne voidaan puhdistaa paineilmalla. Puhdistamista voitaisiin valvoa TR-mittauksen yhteydessä. (H5).

Perusparannuksessa työmaa jaettiin kuuteen lohkoon. Osastojen kooksi tuli noin 600–700 m². Vastaavan mestarin mukaan osastojen sopiva koko on tärkeää erityisesti ilmanvaihtoasennusten aikana. Jos osasto on liian iso, työmaalla ei ole tarpeeksi tilaa muille töille. Liian pienellä osastolla urakoitsijat joutuvat siirtymään liian nopeasti seuraavalla osastolle. Ilmanvaihtoasennuksissa sopiva asennusaika on 1–2 viikkoa/osasto, jotta koko työmaa ei etene ilmanvaihtourakoitsijan ehdoilla. Osastolla työskentelyn ei tule häiritä muilla osastoilla työskenteleviä. Osastorajoina käytettiin uusia käytäviä. Palo-osastot ovat hyviä rajoja työmaan osastoille. Työmaan näkykulmasta on sama, tehdäänkö palokatko vai pölykatko. Osastojen ovina käytettiin kevytrakenteisia pariovia. Kapeampaa ovea käytettiin, kun haluttiin rajoittaa tavarankuljetusta tietyillä reiteillä. Perusparannuksessa työmaan sähkökeskusalueet tehtiin lohkokohtaisiksi. Tilojen tiiveys on tärkeää, jotta epäpuhtauksia ei pääse käytössä oleviin tiloihin. Työmaan ja sairaalan väliset seinät tarkastettiin sairaalan puolelta, jotta mahdolliset pölyvuodot havaitaan ajoissa. (H5).

Pääurakoitsija hankkii omille työntekijöilleen puhtaudenhallinnassa tarvittavat välineet. Vastaava työnjohtaja ohjaa omia työntekijöitä työnjohtajien välityksellä. Perehdytyksellä ja viikkopalaverikäytännöllä ohjataan kaikkia työntekijöitä. (H5). Pääurakoitsijalla on päävastuu puhtaudenhallinnasta. Työvaiheita ja puhtaudenvalvontaraportteja käsitellään omien työntekijöiden kanssa palavereissa. Pölynhallintaa ohjataan työmaalla päivittäisellä kanssakäymisellä. (H4). Perusparannuksen vastaava mestari piti rakennusliikkeen omaa työvoimaa sopivana puhtaudenhallintaan. Puhtaudenhallinta on systemaattista, kun työntekijä on joka päivä samalla työmaalla. Säännöllisen työajan jälkeen tehtävän siivouksen etu on, ettei paikalla ole siivousta häiritsevää työskentelyä. Aamulla töiden jatkuessa työmaa on siisti. (H5).

Pääurakoitsija ohjaa aliurakoitsijoita puhtaudenhallinnasta sopimuksilla. Niihin kirjataan vaatimukset oikeiden välineiden käytöstä. Sopimuksen teon ja perehdytyksen jälkeen heitä ohjataan kuten muita työntekijöitä. (H5). Aliurakoitsijoita ohjataan lisäksi aloituspalavereissa ja urakoitsijakokouksissa (H4).

Sivu-urakoitsijoiden ohjaus puhtaudenhallinnasta tehdään rakennuttajan kautta ja palavereissa, koska pääurakoitsijalla ei ole sopimussuhdetta heihin. Rakennuttajalla on velvollisuus ohjeistaa sivu-urakoitsijoita. Työmaan turvallisuusliite ja rakennuslupa antavat vastaavalle työnjohtajalle velvoitteet, joiden mukaisesti vaikutetaan sivu-urakoitsijoihin. (H5). Sivu-urakoitsijoiden on noudatettava pääurakoitsijan ohjeita. He ovat sopimussuhteessa rakennuttajan kanssa, mutta heidät on alistettu pääurakoitsijalle. (H4). Tilaajan laatima puhtaudenhallintaohje ohjeistaa myös sivu-urakoitsijoita, joten pääurakoitsija ei ole yksin vastuussa puhtaudenhallinnasta (H3).

4.4 Puhtausluokka P1 rakentamisessa

Puhtausluokan P1 ajallinen sijoittuminen hankkeessa aiheutti haastateltavissa näkemyseroja. Puhtaudenhallintakonsulttien mukaan P1 ei ala kesken hankkeen, vaan on käytössä suunnittelusta kohteen luovutukseen (H1, H2). P1 yhdistetään usein ilmanvaihtotasennusten aloittamiseen, mutta se on käsitteenä laajempi (H2). Perusparannuksen vastaavan mestarin mukaan tilaaja oli määritellyt P1:n alkavan perusparannuksessa heti purkutyövaiheessa. P1 jatkui hankkeen loppuun asti. (H5). Uudisrakennuksella P1-asen-nusalueet otettiin käyttöön ensimmäisenä puhdistilan rakentamisessa. P1 otettiin lopul-lisesti käyttöön ennen ilmanvaihtotasennuksia. Puhtaustason säilyttämiseksi P1 oli käy-tössä hankkeen loppuun asti. (H4).

Puhtausluokka P1 vaikutti rakentamiseen siten, että tilat pysyivät siisteinä ja ilman laatu oli hyvä. Puhtausluokka P1 rajoitti hieman työmaaliikennettä. Puhtausluokka P1 vaikutti ainakin joidenkin työntekijöiden asenteisiin positiivisesti, koska puhtaassa työympäris-tössä työskentely koettiin mielekkääksi. Haittapuolia ei havaittu. (H4). Työntekijät suh-tautuivat hyvin puhtausluokkaan P1. Saatu palaute oli positiivista erityisesti silloin kun työntekijä palasi takaisin puhtaustasoltaan alemmalta työmaalla. Työmaan olosuhteet ovat hyvät, sisäilma puhdasta ja työskentely sujuvaa. Puhtaus on osa työturvallisuutta, ja puhtaus vaikuttaa terveyteen. Altistuminen pölylle ja huonolle sisäilmalle vähenee. Puhdasrakentamisen epäonnistuminen johtaisi koko hankkeen epäonnistumiseen. Puh-dasrakentaminen antaa hyvän perusteen vaatia työmaalta puhtautta. Puhtausluokka P1:n avulla työntekijät saadaan helpommin siivoamaan omat jälkensä. (H5).

Toisen puhtaudenhallintakonsultin mukaan puhtausluokka P1 vaikuttaa aikatauluun. Pienellä työmaalla aikatauluttaminen on haastavaa, koska työmaata ei saa jakaa liian pieniin lohkoihin. Ilmanvaihtotasennukset pysäyttävät muut työt lohkon sisällä. (H1). Toi-saalta puhtausluokka P1 ei vaikuta aikatauluun, jos se on otettu huomioon hankkeen suunnitteluvaiheessa ja asiakirjojen laadinnassa. Se vaikuttaa kuitenkin työvaiheiden ai-katauluttamiseen. Pölyävät työt tulee lopettaa sopivassa vaiheessa, esimerkiksi ennen ilmanvaihtotasennuksia. Osastoinnit, alipaineistukset ja muut pölyntorjuntakeinot otetaan käyttöön, jos pölyä aiheuttavia työvaiheita ei voida välttää. P1 voi viedä ylimääräistä ai-kaa hankkeen alussa, mutta aikaa säästyy työn edetessä ja loppusiivouksessa (H2).

Merkittävin hyöty puhtausluokka P1:stä on työturvallisuuden kohentuminen. Puhtaus-luokka P1 alentaa merkittävästi ilman hiukkaspitoisuutta. Työmaan työntekijät arvostavat siistiä työmaata, joka on järjestyksessä. Puhtausluokka P1:n avulla tilaaja saa puhtaat tilat ja puhtaan ilmanvaihtojärjestelmän. Tilaaja edistää työturvallisuutta valitsemalla

puhtausluokan P1 hankkeeseen. Huonosta sisäilmasta uudiskohteessa aiheutuisi huonoa julkisuutta. Toimintakoevaiheessa P1-puhtausvaatimukset täyttävä rakennus on urakoitsijalle arvokas ansio. (H1). Myös toisen puhtaudenhallintakonsultin mukaan P1-työmaa on turvallinen. Työntekijät pääsevät tekemään työnsä, koska työmaalla on siistiä ja puhdasta. Rakennuspölyä ei pääse työmaan rajapintojen läpi käytössä oleviin tiloihin. Valmiin rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmään tai alakattoihin ei jää rakennuspölyä eikä roskia. Alakaton yläpuolella oleva rakennuspöly pääsee leviämään sisäilmaan, kun alakatto avataan. (H2).

Puhtausluokka P1 näkyi työmailla suojaseininä ja työmaan lohkomisena. Päävalvojan mielestä puhtausluokka P1:llä ei ole aikatauluvaikutuksia, mutta se edellyttää huolellista suunnittelua. Aikataulun noudattaminen on tärkeää, jotta asennusjärjestys säilyy suunniteltuna. Alakattojen talotekniikan asennusjärjestys täytyy huomioida erityisesti matallisissa tiloissa. Päävalvojan mielestä P1:n suurin hyöty on, että tilat ovat käyttöönottohetkellä todella puhtaat. Ilmanvaihtojärjestelmä on puhdas ja työmaalla liikkuminen on miellyttävää. (H3).

Puhtaudenhallintakonsultin mielestä puhtaudenhallinnassa haastavinta on saada hankkeen osapuolet toimimaan yhdessä. Saneerauskohteissa osastointien ja rajapintojen tiivistyksen suunnittelu ja toteutus ovat haasteellisia. Puhtaudenhallinnassa tarvittavat koneet ja laitteet eivät ole liian kalliita. (H1). Myös päävalvoja piti rajapintojen tiivistystä haastavana, jos läpimenoja on runsaasti (H3). Puhtaudenhallinnan asiantuntijat pitää saada mukaan suunnitteluvaiheeseen. Työmaalla koulutusta, tiedonjakoa ja osapuolten yhteistyötä tulisi lisätä. Työmaalla ei aina tiedetä, mitä työvaiheita muut tekevät. Pölyävä työ saatetaan aloittaa toisten osapuolten tietämättä. (H2).

Uudisrakennuksen vastaavan mestarin mukaan pääurakoitsijan näkökulmasta uudisrakennuksen puhtaudenhallinnassa haastavinta oli työntekijöiden ennakkoaluot, asenne muutoksen aikaansaaminen ja P1-vaatimusten tiedostaminen. Osastoinnissa on haasteita, koska niiden täytyy koostua järkevistä kokonaisuuksista. Osastot eivät saa olla liian isoja. (H4). Perusparannuksen vastaavan mestarin mukaan puhtaudenhallinnassa haastavinta on tiedon jakaminen uudelle työntekijälle. Perehdytyksessä on haasteellista antaa tietoa puhtausluokasta P1 riittävällä tarkkuudella. Puhtautta tulee valvoa koko työmaan ajan, aloittaen jo antura-asennuksista. Ilmanpuhdistus on aloitettava heti rakennuksen vaipan ollessa ummessa. Siivoaminen on vaikeaa, ellei sitä aloiteta ajoissa. Pölyn kulkeutuminen vaikeasti puhdistettaviin paikkoihin, kuten alakattojen yläpuolelle ja ilmanvaihtokoneen alle, on estettävä. (H5).

Työmaiden vastaavat mestarit eivät havainneet puhtausluokassa P1 haittapuolia työmaan näkökulmasta (H4, H5). Haittapuolia ei ole, mutta tietoa täytyy siirtää käytäntöön puhtausluokan P1 hyötyjen ymmärtämiseksi (H2). Päävalvojan mukaan haittapuolia ei ole, on vain tiettyjä haasteita (H3).

Puhtauden seuranta kuuluu puhtaudenhallintaohjeen laatineelle konsultille. Tämä vähentää valvojan työmäärää. Puhtaudenhallintakonsultilla on vakiintunut tapa puhtaudenhallinnan seuraamiseen ja reklamointiin. (H3).

Perusparannukseen tehtiin purkukatselmuksia, jossa arvioitiin rajapintojen tiiviyyttä, työmaan alipaineistusta ja purkujätteen poisvientä. Purkutyön päätyttyä tarkastettiin, että purkujätteet ja irtolika oli poistettu. (H1). Puhtaudenhallintakonsultti teki kahdesti kuukaudessa TP-arvioinnin (H1, H2, H3). Valvontaan osallistui myös valvoja sekä pääurakoitsijan edustaja (H3). TP-arviointi perustui työmaakerroksella tehtyihin havaintoihin. Arvioinnin tulos ilmoitetaan prosentteina. (H4). TP-arvioinnissa ei selvitetä pölyn lähdettä (H5). TP-arvioinnissa puhtaustasovaatimus kasvaa hankkeen edetessä. Raakabetonipinnoilla sallitaan irtolikaa, mutta valmiilla pinnoilla puhtausvaatimukset ovat suuremmat. (H1). Arvioinnin kiristymisen takia toimintakoevaiheen lähestyessä puhtausarvioinnin tulos laskee helpommin. Systemaattinen puhtauden valvonta on pistokokeita tehokkaampaa, koska työmaa voi valmistautua valvontaan. Tällöin 2–3 päivää ennen tarkastusta tehostetaan siivousta. TP-arvioinnin aikana otettiin valokuvia ja puutteet kirjattiin urakoitsijakohtaisesti. Perusparannuksella urakoitsijakokouksissa tuotiin esille eniten toiminnallaan TP-arvioinnin tulosta laskenut urakoitsija. Tällä yritettiin varmistaa, että jokainen huolehtii työpisteensä kunnosta. (H5).

Ilmanvaihdon asennusolosuhteet arvioitiin tarkastuksissa, mikäli asennukset olivat käynnissä. Toimintakoevaiheen puhtaustason täytyi säilyä hankkeen loppuun asti. Perusparannuksen puhtausmittauksista tehtiin lopuksi koonti puhtaudenhallinnan onnistumisen arvioimiseksi. (H1). Toimintakoevaiheessa sekä vastaanottovaiheessa työmaat tarkastettiin visuaalisesti ja pintapölymittauksin (H2). Toimintakoevalmiuteen liittyvä puhtaus-tarkastus tehtiin ennen alakattojen sulkemista. Myös niiden yläpuolen puhtaus tarkastettiin. Pääurakoitsijan siivoojia oli mukana tarkastuksissa. Havaitut puutteet korjattiin heti. Puhtaudenhallinnassa oli käytössä sanktiomenettely, mutta sitä ei tarvittu. Sanktiot koskevat myös sivu-urakoitsijoita, mikä edistää töiden onnistumista. (H3).

Perusparannuksella tehtiin 21 visuaalista työmaan puhtaustason tarkastusta. Niiden keskiarvo oli 97 %, mikä ylitti selvästi vähimmäisarvon 92 %. Ilmanvaihtojärjestelmän pölykertymän keskiarvo oli 0,73 % otoskoon ollessa 43 kappaletta. Raja-arvo oli mittaus-hetkellä 8 %, mikä on johdettu suodatinmenetelmän raja-arvosta 0,7 g/m². (Andersson

2015, s. 1). Sisäilmastoluokitus 2018:ssa suurin sallittu pölyn peittoprosentti on laskenut arvoon 5 % (RT 07-11299 2018, s. 17). Pintapölymittausten keskiarvo ennen toimintakokeita oli 0,6 % otoskoolla 74 kappaletta. Tulosta voidaan pitää hyvänä, koska raja-arvo on 5 %. Toimintakokeiden jälkeen pintapölymittausten keskiarvo tasopinnoilla oli 0,2 % ja lattiapinnoilla 0,6 %, joten molempien raja-arvot 1 % ja 3 % alittuvat selvästi. Otokoot olivat 44 ja 13 kappaletta. (Andersson 2015, s. 1–2). Huomionarvoista on, että toimintakokeita edeltävien pintapölymittausten keskiarvo alitti luovutusvaiheessa sallitut rajat. Perusparannus oli mittausten mukaan TPA Andersson Oy:n mittaamista työmaista puhdainta (H3).

Muuttovaiheen puhtaudenhallinta tehtiin rakennuttajan toimesta. Irtaimistotoimitukset aloitettiin tilojen vastaanoton jälkeen. Toimintavarustelun asennuksissa valvottiin pölynpoistovälineiden käyttöä. Tavarantoimitusten aloituspalavereissa käsiteltiin lattioiden suojaamista, kohdepoistojen käyttöä ja muuta pölyntorjuntaa. Irtokalustetoimitusten pölynhallinnassa on kehitettävää. Tavaroiden toimittajat käyttävät toimituksissa alihankkijoita, joilla ei aina ole tietoa pölyntorjunnasta. (H3).

Puhtausluokalla P1 toteutettu rakennus on puhtaimmillaan sen luovutushetkellä. Muuttoon tulee kiinnittää enemmän huomiota, ettei rakentamisen aikana saavutettu puhtaustaso laskisi. Muuttoa varten voitaisiin laatia ohjeistus muuton puhtaudenhallintaan. Muutossa lattiapinnat on suojattava tarvittaessa. Vanha irtaimisto täytyy puhdistaa ja käyttää uusien kalusteiden asennuksessa kohdepoistoja. Sisäilmaongelmien palautuminen on mahdollista, jos rakennukseen tuodaan vanhoja puhdistamattomia tavaroita. (H1). Päävalvojan mielestä tilaajan ja käyttäjien olisi hyvä ottaa muuton puhtaudenhallinta nykyistä paremmin huomioon (H3). Siihen ei usein käytetä tarpeeksi aikaa, vaan muuttotavarat vain kannetaan sisään. Puhtaudenhallintaohjeessa määritellään, miten kalusteet toimitetaan ja puhtaustaso säilytetään. Case-kohteessa ei pidetty vastaanoton jälkeen virallisia puhtaustarkastuksia. (H2).

Pääurakoitsija ei osallistunut muuton puhtaudenhallintaan. Perusparannuksen vastaavan mestarin mukaan rakennusaikainen puhtaudenhallinta oli muuttovaiheen puhtaudenhallintaa parempi. Tilaaja edellyttää pääurakoitsijalta puhtaudenhallintaa sopimussuhteen avulla. Tilaajan oma hankinta ei ole keskitettyä, joten puhtaudenhallinnasta huolehtiminen on vaikeampaa. Muuttovaiheen puhtaudenhallinta onnistuu sopimussuhteiden avulla. Tilaajan järjestämä irtokalusteiden kuljetus rakennukseen laskee puhtaustasoa. Tilaaja voisi kouluttaa muuttoa tekevän kalusteryhmän samalla tavalla kuin rakentajat. (H5).

Perusparannuksen vastaavan mestarin mukaan puhtausluokka P1 aiheuttaa vähemmän suoria kustannuksia kuin kustannussäästöjä. Suorat kustannukset aiheutuvat koneiden ja laitteiden hankinnoista. Kustannussäästöjä saadaan esimerkiksi vähentyneinä tapaturmina ja sairauspoissaoloina. Hän pitää puhtausluokka P1:n käyttöä pääurakoitsijan näkökulmasta kustannussäästönä. (H5). Uudisrakennuksen vastaavan mestarin mukaan P1:llä ei ollut uudisrakennuksella merkittäviä kustannusvaikutuksia, koska käytössä oli oma kalusto. Uudisrakennuksessa tarvittiin puhtausluokka P1:n takia yksi siivooja lisää ylläpitosiivoukseen. Työmaan laajuus oli 4400 m². (H4).

Päävalvojan mukaan pääurakoitsijan tulee huomioida puhtaudenhallinta tarjouslaskennassa. Kustannussäästöä tulee esimerkiksi työmaan hyvästä järjestyksestä. Tilaajalle puhtausluokka P1 toi lisäkustannuksena puhtaudenhallinnan konsultin palkkion, mutta se säästi tilaajan resursseja. (H3). Puhtausluokka P1 ei aiheuta suuria kustannuksia, jos se on otettu huomioon suunnitteluvaiheessa. Mikäli puhtaudenhallintaa ei huomioida ajoissa, siivousta ja suojauksia joudutaan lisäämään. Tällä voi olla aikatauluvaikutuksia. (H2). Toisen puhtaudenhallintakonsultin mukaan joidenkin mielestä puhtausluokka P1 lisää kustannuksia, mutta kustannusvaikutuksista on näkemyseroja (H1).

Rakennusliikkeiden tulee huomioida puhtaudenhallinta jo laskentavaiheessa. Pölynhallintasuunnitelmat ovat usein standardiohjeita, mutta suunnittelu pitäisi tehdä kohdekohtaisesti. Lohkojaot ja alipaineistukset on hyvä suunnitella etukäteen, koska se helpottaa rakentamista. Puutteelliset pölynhallintasuunnitelmat liittyvät vähäiseen ajan käyttöön tai osaamista ei ole kohteen alkuvaiheessa riittävästi. Puhtaudenhallinnassa tarvittavien menetelmien ja kaluston tunteminen on rakennusliikkeillä vaihtelevaa. Työnjohtajien asenne ja kokemus vaikuttavat merkittävästi työmaan puhtaudenhallintaan. (H1). Rakennusliikkeissä ei aina ymmärretä rakennuspölyn merkitystä. Ajatellaan, että rakennuspöly vain siivotaan pois hankkeen lopussa. Pölynhallintatoimenpiteitä ja rakennussiivouksen merkitystä ei ymmärretä hankkeen alussa tarpeeksi hyvin. Jos ne huomioidaan ajoissa, rakentamisen loppuvaihe helpottuu. Pelkkä teoria ei riitä pölynhallinnan oppimiseen, sillä se konkretisoituu näkemällä ja kokemalla. (H2). Päävalvojan mielestä puhtaudenhallinta ei ole vaikeaa, mutta vastaavalla työnjohtajalla täytyy olla tahto tehdä puhtaudenhallinta kunnolla (H3).

Rakennuttajien tulisi määritellä puhtaudenhallintatoimenpiteet ja vastuut selkeämmin urakka-asiakirjoihin. Esimerkiksi työselityksistä puuttuu mainintoja pölynsidontakäsittelyistä. Urakoitsijat laskevat kohteen laskentamateriaalin mukaan. Rakentamiselle pitäisi antaa riittävästi aikaa. (H1). Pelkkä P1-merkintä asiakirjoissa ei ole riittävä, vaan tavoitteet ja vaatimukset tulee määritellä (H2). Sairaalarakentamisessa puhtausluokka P1 on otettu huomioon. Tilaajille koulutetaan P1-rakentamista. Päävalvoja ei ottanut kantaa

asuntorakentamisessa työskentelevien rakennuttajien osaamiseen. (H3). Puhtaudenhallinnan osaaminen on vielä alkuvaiheessa. Uudisrakennuksen vastaavan mestarin mukaan tilaajat osaavat puhtaudenhallinnan teoriassa hyvin, mutta käytännön hallinnassa on vielä kehitettävää. (H4).

Saatavilla ei ole tietoa, miten puhtausluokan P1 noudattamisessa onnistuminen tai epäonnistuminen vaikuttaa kiinteistössä 10–20 vuoden kuluttua rakentamisesta. Yleensä hankkeet loppuvat puhtaudenhallintakonsultin osalta rakentamisen päättymiseen. Joissakin kohteissa tehdään tarkastuksia rakennuksen käyttöönoton jälkeen, mistä saadaan tietoa puhtaudenhallinnan vaikutuksista. Pitkälle ulottuvaa tutkimustyötä ei kuitenkaan ole tehty. (H2). Mikrobivaurioiden puhdistamisesta tarvitaan lisää tietoa. Tällä hetkellä ei osata määritellä, mikä on oikea tapa puhdistamiseen ja saadaanko kaikki epäpuhtaudet poistettua. (H1).

4.5 Kosteudenhallinta

Perusparannuskohteesta oli teetetty sisäilmatutkimus (H1, H3). Fysiatrian osastolla maanvaraisessa alapohjassa oli mikrobivaurio (H3). Purkutyöt olivat niin laajoja, ettei desinfioinnille ollut tarvetta (H1). Sisäilmaongelmien välttämiseksi alapohjaan tehtiin massanvaihto 60 cm:n paksuudelta. Alapohjaan asennettiin radonputkistot. Kuivumisaikoja valvottiin ja maanvaraisia laattoja kuivatettiin ohjearvoja enemmän. (H3). Materiaalien suojausta ja varastointia arvioitiin puhtausluokka P1:n vaatimusten mukaisesti (H1). Perusparannus tarkastetaan rakentamisen jälkeen sisäilmakorjauksien onnistumisen selvittämiseksi (H5).

Pääurakoitsija ehkäisee kosteudesta aiheutuvia sisäilmaongelmia noudattamalla kosteudenhallintasuunnitelmaa. Perusparannuksessa alapohjan tiiveys tutkittiin savukokeiden avulla. Merkkiainekoe on savukoetta haastavampi erityisesti saneerauskohteissa. Vanhoissa rakennuksissa on aina tiiveyteen ja vanhoihin rakenteisiin liittyvä sisäilmariski. (H5). Tilojen paineistuksien avulla saadaan ilma vaihtumaan, eikä kosteutta pääse kertymään tiloihin. Uudisrakennuksella työmaan sisäilman lämpötila ja kosteus mitattiin rakennekosteusmittauksien yhteydessä. Kosteusongelmia pystyttäisiin välttämään, jos runko ja vesikatto olisi mahdollista tehdä valmiiksi ennen sisävalmistustöiden aloittamista. (H4).

5. TULOKSET

5.1 Pölyntorjunta

Tutkimuksen perusteella rakennuksen suunnitteluvaiheessa valittu sisäilmastoluokitus asettaa vähimmäistason rakennuksen puhtaudenhallinnalle. Kolmiportaisella asteikolla kaksi korkeinta tasoa eli sisäilmastoluokat S1 ja S2 edellyttävät rakennustöiden ja ilmanvaihdon puhtausluokka P1:n sekä pääasiassa M1-luokiteltujen pintamateriaalien käyttöä. Sisäilmastoluokitus 2018 -ohjekortti on tärkein puhtaudenhallintaan liittyvä dokumentti, koska siinä määritellään rakennuksen sisäympäristön tavoitearvot, ohjeet rakennustöiden puhtausluokka P1:n toteutukseen sekä puhtauden arviointiin. Sisäilmastoluokitus 2018 ei poikkea puhtaudenhallinnan osalta oleellisesti edeltäjästään Sisäilmastoluokitus 2008:sta.

Puhtausluokka P1 huomioidaan rakennuksen suunnittelusta alkaen ja on siten käytössä koko rakennushankkeen ajan. Rakentajan näkökulmasta puhtausluokka P1 voidaan ajatella otettavan käyttöön esimerkiksi ilmanvaihtoasennusten yhteydessä, koska asennukset tehdään muusta työmaasta eristetyissä osastoissa. Sopiva nimitys kyseisille osastoille on P1-asennusalue, koska se tuo esiin asennusalueelta edellytettävän korkean puhtaustason.

Rakennusliikkeen täytyy selvittää tilaajan edellyttämän puhtausluokka P1:n tarkempi sisältö ennen tarjouksen antamista. Pelkkä viittaus sisäilmastoluokitukseen ei anna tarpeeksi tietoa tavoitteista, vaan urakalaskentamateriaaleista tulee käydä ilmi kohdekohtaiset puhtaudenhallinnan vaatimukset. Rakennushankkeen puhtaudenhallintakäytännöt ja vastuut niistä tulee olla tiedossa ennen tarjouksen antamista. Mahdollinen tilaajan toimittama puhtaudenhallintaohje määrittelee vaadittavat toimenpiteet haluttuun lopputulokseen pääsemiseksi.

Case-kohteessa rakennuttajan puhtaudenhallintakonsultti laati puhtaudenhallintaohjeen, joka toimitettiin pääurakoitsijalle. Pääurakoitsijan vastaavien mestareiden mukaan on hyvä, että tilaaja tarjoaa tietoa urakoitsijalle. Puhtaudenhallintaohje säästää työtä pääurakoitsijalta, koska tarvittavat puhtaudenhallintatoimenpiteet on kirjattu ohjeeseen. Pääurakoitsija hyödynsi puhtaudenhallintaohjetta työmaan pölynhallintasuunnitelman laatimisessa. Lohkojaot ja käytettävät pölyntorjuntamenetelmät valittiin soveltaen puhtaudenhallintaohjetta. Tilaajalla ei kuitenkaan ole velvollisuutta puhtaudenhallintaohjeen toimittamiseen, joten sen saatavuus on työmaakohtaista.

Tilaaajan asettamien sisäilmastotavoitteiden saavuttaminen edellyttää yleensä koulutusta puhtaudenhallinnasta työmaan henkilöstölle. Työmaan puhtausvaatimus kasvaa kohteen edetessä. Tässä syystä koulutus on hyvä jakaa useampaan osaan työvaiheiden mukaan. Ennen ilmanvaihdon toimintakokeita pidettävä koulutus edistää kohteen loppusiivouksen ensimmäisessä vaiheessa saavutetun puhtaustason ylläpitoa. Työmaalla työskentelevien yritysten ja henkilöiden vaihtuvuuden takia useampi koulutustilaisuus saavuttaa enemmän työntekijöitä. Mikäli työmaan alkuvaiheessa järjestetään yksi koulutustilaisuus, tieto ei välttämättä tavoita lopputuloksen kannalta kriittisimpiä töitä tekeviä henkilöitä. Koulutuksen järjestävä osapuoli täytyy kirjata urakkarajaliitteeseen.

Rakennusliikkeen tulee ottaa kohteessa käytettävä puhtausluokka P1 huomioon hankintojen tekemisessä. Tarjouspyyntöihin on kirjattava puhtausluokka P1:n vaikutukset aliurakoitsijaan. Työmaan puhtaudenhallintaohje tai pölynhallintasuunnitelma kannattaa liittää urakkasopimukseen, koska aliurakoitsijoita ohjataan sopimuksilla. Urakkaneuvotteluissa tulee varmistaa, että aliurakoitsija ymmärtää itseään koskevat pölyntorjuntatoimenpiteet. Vaatimukset pölynpoistolla varustetuista työkaluista, imurien HEPA-suodattimista ja työpisteen puhtaanapidosta tulee kirjata sopimukseen ja käydä uudelleen läpi aloituspalavereissa. Aikataulun noudattamisen takia aliurakoitsijan tulee olla varustautunut työmaalla edellytettäviin pölyntorjuntatoimenpiteisiin heti aloittaessaan kohteessa työskentelyn.

Työmaan lohkominen osoittautui tärkeäksi puhtausluokka P1:n mukaisessa rakentamisessa. Rakennustyöt etenevät lohkoittain, joten lohkoittainen pölyntuotto on vaihtelevaa. Pölyä ei saa päästä lohkon ulkopuolelle, joten sitä on pystyttävä hallitsemaan lohkon sisällä. Lohkot muodostetaan toiminnallisten tilojen mukaisesti. Lohkojen määrää ja kokoa päätettäessä on huomioitava, ettei eri ammattikuntien työskentelyyn tule katkoksia. Toisaalta lohkot eivät saa olla niin pieniä, että niiden välillä siirtymiseen kuluu ylimääräistä aikaa. Lohkokohtaisen aikataulun pitävyys on erityisen tärkeää, koska loholla työskennellään usein ammattikunta kerrallaan. Lohkokohtainen aikatauluseuranta nopeuttaa poikkeamien havaitsemista ja korjaaviin toimenpiteisiin ryhtymistä.

Puhtausluokka P1 vaikuttaa erityisesti ilmanvaihtoasennuksiin. Ilmanvaihtoasennusten aloitus puhtausluokassa P1 edellyttää muusta työmaasta eristettyä tilaa, jossa pintojen pölynsidonta on tehty. Tällöin vesikatteen tulee olla vedenpitävä, lämmön päällä ja tasoitettujen ilmanvaihtokanavistoa peittäviä koteloita lukuun ottamatta valmiit. Koska ilmanvaihto-osat eivät saa likaantua ja asennus tehdään puhtaassa tilassa, siirtyy ilmanvaihtoasennusten aloitus normaalia myöhäisempään vaiheeseen. Tämä täytyy huomioida aikataulussa, jotta ilmanvaihtoasennuksia seuraaville työvaiheille, kuten alakattoasennuksille ja toimintakokeille, jää riittävästi aikaa.

Taulukossa 1 on esitetty puhtausluokka P1:ssä käytettävät pölyntorjuntamenetelmät ja niiden käyttökohteita.

Taulukko 1. Pölyntorjuntamenetelmät puhtausluokassa P1.

MENETELMÄ	MENETTELY	TYYPILLINEN KÄYTTÖKOHDE
Osastointi	<p>Puhtaudeltaan eritasoiset tilat erotetaan toisistaan</p> <p>Hyödynnetään olemassa olevia rakenteita</p> <p>Palokatko = pölykatko</p> <p>Lyhytaikaiset suojaseinät rakennusmuovista</p> <p>Rasitetut tai yli 2–3 kk käytettävät suojaseinät levyrakenteisina</p>	<p>Puhtausluokka P1</p> <p>Lopulliset seinät ja vaakapinnat osastorajoina</p> <p>Rakenteiden tiiviyden hyödyntäminen</p> <p>Purkualueen rajausta, hiontatyöt, materiaalien työstöpisteet</p> <p>Kulkureitit, työmaan rajapinnat</p>
Paineistus	<p>Ei tarvita, jos osastot ovat tiiviit eikä niiden välillä kuljeta</p> <p>Puhtaammassa tilassa korkeampi paine kuin likaisemmassa</p> <p>Paljon pölyä tuottavat työt alipaineistetussa osastossa</p> <p>Puhtaiden tilojen suojaus ylipaineistamalla</p>	<p>Työmaan ja käytössä olevien tilojen rajapinnat</p> <p>Pölyn virtauksen estäminen puhtaampaan tilaan</p> <p>Purkutyöt, betonipintojen hionta, tasoite- ja maalaustyöt</p> <p>Ilmanvaihtoasennukset, puhdistilat, sähköpääkeskus</p>
Korkeapaineinen kohdepoisto	<p>Työkoneet imuriliitännällä ja imuri HEPA-suodattimella</p> <p>Vaakapintojen imurointi</p> <p>Keskusimurit soveltuvat tornimaisiin rakennuksiin</p> <p>Rakennusimurit soveltuvat laajoilla lattiapinnoille</p>	<p>Hiomakoneet, sirkkelit, piikkausvasarat</p> <p>Ylläpitosiivous</p> <p>Korkeat kerrostalot</p> <p>Toimitilat, hallit, monimuotoiset rakennukset</p>
Matalapaineinen kohdepoisto	<p>Alipaineistaja sijoitetaan pölynlähteen läheisyyteen (toimii alipaineisuksena, kun poistoilma johdetaan pois osastosta)</p>	<p>Laastin sekoituspiste, sirkkelöintipiste</p>
Ilmanpuhdistus	<p>Alipaineistaja kierrättää osaston sisäilmaa puhdistamalla sitä</p>	<p>Puhtaustason ylläpito</p>

Palokatko toimii P1-puhtausluokassa myös pölykatkona työmaan osastojen välissä. Palokatkot kannattaa toteuttaa mahdollisimman aikaisin, jotta vältetään tarpeetonta osastointia työmaalla. Alipaineistus on ensisijaisesti pölyntorjuntamenetelmä. Alipaineistuksella estetään pölyn leviäminen ympäröiviin tiloihin. Sitä käytetään, kun työskentelytilassa tuotetaan enemmän pölyä kuin ympäröivissä tiloissa. Ilmanvaihtoasennus tehdään

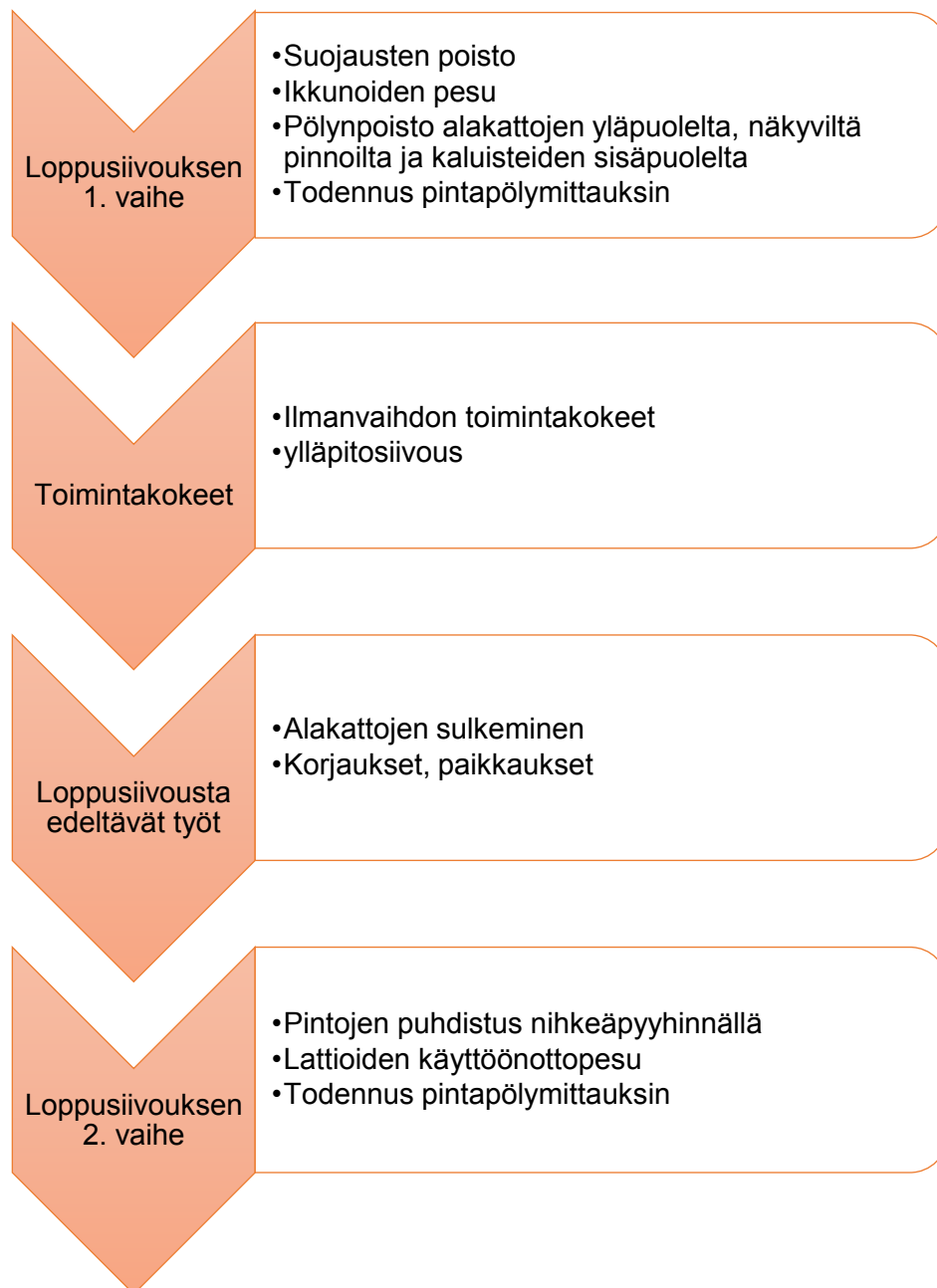
osastossa, joten on helpompaa ylipaineistaa yksi osasto kuin alipaineistaa useita ympäristöjä tiloja. Ylipaineistuksessa alipaineistaja sijoitetaan asennustilan ulkopuolelle ja HEPA-suodattimella puhdistettu ilma johdetaan asennustilaan muoviputkella tai -sukalla. Tällöin alipaineistajan likaantuneiden suodattimien vaihtoa eikä muuta huoltoa tarvitse tehdä puhtaammassa asennustilassa. Lisäksi alipaineistaja puhdistaa ilmaa tilassa, jossa se sijaitsee. Puhallusilma tulee kuitenkin suunnata niin, ettei se osu suoraan lattiapintaan ja nosta pölyä ilmaan. Tulokset ylipaineistuksesta perustuvat case-kohteen haastatteluihin, koska menetelmästä oli saatavilla hyvin vähän tutkimuksia. Työkoneiden varustaminen korkeapaineisella kohdepoistolla on tehokkain pölyntorjuntamenetelmä, koska suurin osa pölystä poistetaan välittömästi sen synnyttyä.

Rakennusmateriaalien tulee olla kuivia ja puhtaita, jotta puhtasrakentaminen on mahdollista. Tätä edistetään materiaalien oikea-aikaisella toimituksella. Materiaalit varastoidaan suojattuina kuivaan ja puhtaaseen tilaan. Varastointiajan tulee olla mahdollisimman lyhyt, jotta vältetään tarpeettomilta siirroilta ja materiaalien likaantumiselta. Asennuksen jälkeen rakennusmateriaalit ja laitteet suojataan. Aliurakoitsijoille osoitetaan materiaalien varastointipaikat.

Pääurakoitsijalla on päävastuu puhtaudenhallinnasta. Pääurakoitsijan omia työntekijöitä ohjataan työnjohtajien toimesta. Puhtaudenhallinnan onnistuminen varmistetaan päivittäisellä kanssakäymisellä, perehdytyksellä ja palavereilla. Aliurakoitsijaa ohjataan sopimuksen lisäksi aloituspalavereilla, perehdytyksillä ja kokouksissa. Pääurakoitsija ei ole sopimussuhteessa mahdollisiin sivu-urakoitsijoihin, mutta heihin vaikutetaan kokouksissa ja rakennuttajan kautta. Pääurakoitsijan näkökulmasta uuden työntekijän perehdyttäminen puhtasrakentamiseen on haastavaa.

Työmaalla työskentelevien urakoitsijoiden toimet eivät saa laskea puhtaustasoa. TyöpiSTEEN on oltava puhdas, kun urakoitsija päästetään työskentelemään sinne. Työn valmistuttua urakoitsija luovuttaa työpiSTEENSÄ samassa kunnossa takaisin. Puhtausluokka P1 edellyttää säännöllistä siivousta. Jätteille varataan tarpeeksi keräyspiSTEitä, jotta lajittelu on helppoa. TyöpiSTEellä syntyvien jätteiden keräys tulee osoittaa siellä työskenteleville työntekijöille, jotta rakennussiivoojat voivat keskittyä pölyn vähentämiseen. Pölyn kulkeutumista vähennetään kulkuväylien tehostetulla siivouksella ja sisäänkäyntien ovimailla.

Loppusiivous aloitetaan ennen toimintakokeita. Puhtausluokka P1:n mukaisen kaksivaiheisen loppusiivouksen prosessi on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Loppusiivouksen prosessi puhtausluokassa P1.

Loppusiivouksen ensimmäisen vaiheen tärkein tehtävä on estää pölyn pääsy ilmanvaihtojärjestelmään toimintakokeiden aikana. Suojaukset poistetaan ja pinnat puhdistetaan. Toimintakoevaiheessa olevan tilan täytyy olla erotettu likaisemmista tiloista osastoinnin avulla. Loppusiivouksen ensimmäinen vaihe on melko kevyt toimenpide, mikäli tilat on pidetty puhtaina ennen tätä. Toimintakokeiden ja alakattojen sulkemisen jälkeen tehdään loppusiivouksen toinen vaihe, jossa tilat puhdistetaan rakennuksen vastaanotossa edellyttävään tasoon. Puhtausluokassa P1 loppusiivous todennetaan pintapölymittauksin. Muuttovaiheen havaittiin olevan riski rakentamisessa saavutetun puhtaustason säilyttämiselle. Ulko-ovien aukipitäminen edistää pölyn pääsyä rakennukseen. Pölyntorjuntaka-

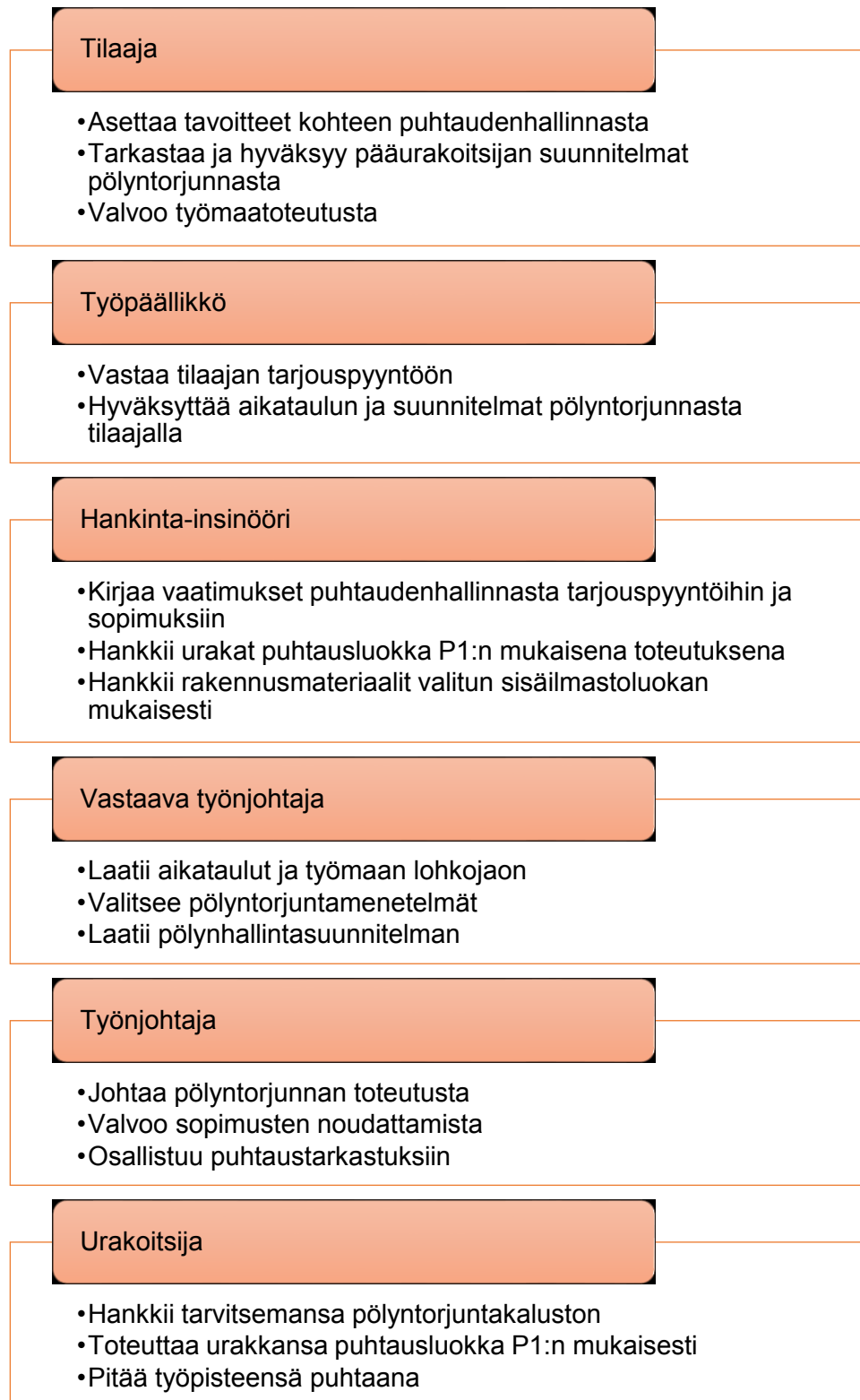
lustoa tulee käyttää myös irtokalusteiden asennuksissa. Pakkausten purkuun tulee osoittaa tila, joka on hyvä varustaa alipaineistajalla. Sisäilmavaurioituneessa tilassa olleiden tavaroiden käyttäminen on riski, joten niiden tulee olla huolellisesti puhdistettuja. Pääurakoitsija ei osallistu muuttovaiheen puhtaudenhallintaan, ellei toisin sovita.

Puhtausluokka P1:n tärkeimmät hyödyt ovat rakennuksen ja sen ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus luovutushetkellä sekä kohentunut työturvallisuus rakentamisessa. Rakennus on puhdas myös piiloon jäävien rakenteiden osalta. Alakattojen sisälle eikä kiintokalusteiden alle jää rakennuspölyä, mikä voisi huoltotoimenpiteiden yhteydessä päätyä sisäilmaan. Työturvallisuutta edistävät työntekijöiden vähäisempi altistuminen pölylle ja siistillä työmaalla pienentynyt tapaturmariski. Puhtaalla työmaalla työskentely havaittiin sujuvaksi ja mielekkääksi.

Puhtaudenhallintaa valvotaan havainnoinnilla ja mittauksin. Tilaajan tekemä säännöllinen havainnointi edistää puhtaudenhallintaa enemmän kuin pistokokeet, koska työmaa voi valmistautua valvontaan kohottamalla työmaan puhtaustasoa. Pintapölyn raja-arvot ennen toimintakokeita ja luovutusta on määritetty Sisäilmastoluokitus 2018:ssa peitto-prosenttina, mikä edellyttää mittauksessa geeliteippimenetelmän käyttöä. Pölymäärä mitataan geeliteipistä yleensä BM-Dustdetector -pintapölymittarilla. Sisäilman pölypitoisuuksien mittaukselle ei havaittu erityistä tarvetta, koska puhtausluokka P1:ssa pölyä vähennetään systemaattisesti hankkeen edetessä. Mittauksilla voidaan todentaa haitta-ainepurun onnistuminen ennen rakennustöiden jatkamista.

Puhtausluokka P1:ssä pölyntorjuntaan tarvittavien koneiden ja kaluston hankinta sekä ylläpitosiivous lisäävät suoria kustannuksia. Kustannussäästöjä ovat vähentyneet sairauspoissaolot, vähäisempi rakennusmateriaalien turmeltuminen ja tehostunut työskentely. Puhtausluokka P1:n kustannusvaikutuksista case-kohteessa ei ollut konsensusta haastateltujen välillä. Toisaalta kukaan ei pitänyt kustannusvaikutuksia merkittävänä. Hankkeen luonteen vuoksi sitä ei olisi voitu toteuttaa alemmalla puhtaustasolla. Puhtausluokka P1:n kustannusvaikutukset ovat aina hankekohtaisia. Puhtausluokka P1 lisää kustannusriskiä, koska aikatauluviiveet vaikuttavat osastointien takia enemmän kuin alemman puhtaustason työmailla. Oikea asennusjärjestys on puhtasrakentamisessa korostunut, mikä vaikeuttaa aikatauluviiveen poistamista. Korkea vaatimustaso pölyntorjunnassa aiheuttaa virhetapauksessa ylimääräisiä siivouskustannuksia ja voi johtaa sopimussakkoihin.

Puhtausluokka P1:n mukaisesti toteutettavan hankkeen osapuolten tärkeimmät puhtaudenhallintaan vaikuttavat tehtävät on esitetty kuvassa 13. Ne on laadittu tutkimuksen tilanneelle yritykselle sopiviksi.



Kuva 13. Osapuolten tehtävät puhtausluokka P1:n mukaisessa hankkeessa.

Tehtävät ovat aina kohde- ja yrityskohtaisia. Suunnittelijoita ei esitetä kuvassa 13, koska tutkimus on tehty rakennusliikkeen näkökulmasta. Suunnittelun ohjaus kuuluu tilaajalle tai työpäällikölle riippuen urakkamuodosta.

5.2 Kosteudenhallinta

Ensisijainen menetelmä kosteudenhallinnassa on kosteusrasituksen vähentäminen sää-suojauksilla ja vedenpoistoilla. Kun veden pääsy rakenteeseen on estetty, hyödynnetään kuivatuksessa vuodenaika huomioiden lämmitystä, ilmanvaihtoa ja ilmankuivatusta. Kaikilla näillä toimenpiteillä lasketaan sisäilman suhteellista kosteutta, mikä nopeuttaa kuivumista. Ilmankuivauksesta on eniten hyötyä kesällä ja syksyllä, kun ulkoilman absoluuttinen kosteus on suuri ja rakennuksen lämmitystarve maltillinen. Ilmankuivaus kuitenkin edellyttää rakennuksen tai osaston olevan niin tiivis, ettei ilma vaihdu liian nopeasti.

Tavoitearvot kuivumisolosuhteiksi rakennuksessa ovat suhteellinen kosteus alle 50 % ja lämpötila yli 20 °C. Olosuhteet mitataan rakenteiden kosteusmittausten yhteydessä, mutta niitä voidaan seurata myös etäluettavilla mittareilla. Olosuhdemittarit ovat työnjohdolle työkaluja, joiden avulla he voivat arvioida kuivumisolosuhteita ja reagoida niihin. Olosuhteiden mittauksesta on hyötyä myös mikrobivaurioiden torjunnassa. Mikrobikasvustoa alkaa kehittyä normaalissa sisälämpötilassa suhteellisen kosteuden ollessa yli 80 %. Olosuhdemittausten avulla mikrobivauriolle suotuisat olosuhteet voidaan havaita nopeasti. Erityisesti saneerauskohteissa voi olla kosteudelle herkkiä rakenteita tai taantuneita mikrobikasvustoja. Kosteusrasituksen lisääntyessä ne ovat riski rakennuksen sisäilmalle, joten työnjohdon tulee olla tietoisia työmaalla vallitsevista olosuhteista.

Sisäilmaltaan hyvän rakennuksen toteuttaminen edellyttää korkeatasoista pölyntorjuntaa ja hyvin toteutettua kosteudenhallintaa. Puhtausluokka P1:n mukaisesti toteutettu työmaa edistää rakenteiden kuivumista ja vähentää kosteusriskejä. Puhtausluokka P1:ssä ja hyvässä kosteudenhallinnassa on paljon yhteisiä toimenpiteitä, kuten rakenteiden ja rakennusmateriaalien suojaukset sekä oikea-aikaiset toimitukset. Pölyttömät pinnat nopeuttavat kuivumista. Tilaajan tekemissä puhtaustarkastuksissa arvioidaan rakennusmateriaalien suojausta ja pintojen pölyisyyttä, joten arviointi edistää myös kohteen kosteudenhallintaa. Valvonta ajoittuu sisävalmistusvaiheeseen, jolloin rakennuksen vaippa on ummessa. Puhtauden valvonnalla edistetään tällöin rakenteiden kuivumista ja vähennetään materiaalihukkaa.

Pääurakoitsija laatii sekä kosteudenhallintasuunnitelman että pölynhallintasuunnitelman. Kosteudenhallinnassa ja pölyntorjunnassa on paljon yhteisiä toimenpiteitä, joten suunnitelmat on hyvä laatia rinnakkain. Tällöin voidaan välttää päällekkäisyyksiä ja ristiriitoja suunnitelmissa. Osastoinneissa käytettäviä alipaineistajia voidaan hyödyntää rakennuksen ilmanvaihdossa, kun poistoilma ohjataan rakennuksen ulkopuolelle.

Kuivaketjun toteuttamiseksi pääurakoitsija nimeää kullekin rakennusvaiheelle kosteudenhallinnasta vastaavan henkilön. Nimetty henkilö huolehtii työnjohdon ja valvonnan

lisäksi työhön liittyvien rakennusmateriaalien ja keskeneräisten rakenteiden suojaamisesta. Rakenteiden pinnoittaminen edellyttää hyväksyttyjä kosteusmittauksia.

Työmaan tulee varautua mahdolliseen vesivahinkoon, jotta vahingot jäisivät mahdollisimman pieniksi. Työmaalla tulee olla vesi-imuri nopeasti saatavilla. Kuivauskaluston tai -palvelun saatavuus selvitetään ennen sisävalmistusvaihetta, jotta vahinkotilanteessa voidaan välittömästi alkaa korjaaviin toimenpiteisiin. Työmaan veden pääsulku suljetaan työvuoron päätteeksi, jotta putkirikko tai auki jäänyt hana ei aiheuttaisi vesivahinkoa.

Mikrobipitoisuuksien mittauksella selvitetään, onko rakenteissa mikrobivaurioita. Mittaukset tehdään korjaustarpeen selvittämiseksi. Saneeraustyömaalla saatetaan havaita rakenne, jota epäillään vaurioituneeksi. Tällöin rakenteesta otetaan näyte analysoitavaksi. Asumisterveysasetuksessa hyväksyttyjä menetelmiä vaurion todentamiseksi materiaalinäytteestä ovat laimennus- ja suoraviljelymenetelmät. Viljelymenetelmien huono puoli rakentamisen kannalta on niiden pitkä kesto. Tulosten saanti kestää noin 14 vuorokautta. Nopeammin tuloksia saadaan qPCR-menetelmällä, jossa analyysi kestää 2–3 vuorokautta. Ongelma on, ettei sitä ole hyväksytty asumisterveysasetuksessa. Tästä syystä menetelmän käyttö on rajallista, vaikka mittauksia tekevä laboratorio voi erikseen hakea sille hyväksynnän. Rakennenäytteet ovat luotettavampia kuin ilma- tai sivelynäytteet. Ilmanäytteet ja sivelynäytteet otetaan ennen rakenteiden avaamista, joten ne soveltuvat lähinnä rakentamista edeltävään mikrobikartoitukseen. Toisaalta niitä voidaan käyttää mikrobivauriokorjauksen onnistumisen arviointiin.

6. POHDINTA

6.1 Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen perusteella puhdasrakentaminen on rakentamista puhtaista ja kuivista materiaaleista pölyttömin menetelmin. Puhdasrakentamisen lopputuote on luovutushetkellä puhdas rakennus, jonka ilmanvaihtojärjestelmässä ei ole rakentamisesta peräisin olevia epäpuhtauksia. Puhdasrakentamisen menetelmillä tavoitellaan sisäilmaltaan terveellistä rakennusta. Puhdasrakentamisen merkittävimmät hyödyt rakentamisessa ovat hyvä työturvallisuus, sujuva työskentely ja hävikin pieneneminen. Puhdasrakentaminen edellyttää puhtausluokka P1:n mukaista rakentamistapaa ja hyvää kosteudenhallintaa työmaalla. Puhtausluokka P1:llä ja hyvällä kosteudenhallinnalla on vahva yhteys. Molemmilla edistetään rakennuksen kuivumista ja vähennetään hävikkiä. Työmaan kannattaa laatia pölynhallintasuunnitelma ja kosteudenhallintasuunnitelma rinnakkain, tai jopa yhdistää suunnitelmat.

Puhdasrakentaminen edellyttää työmaalta huolellista ennakkosuunnittelua. Oikean työjärjestyksen merkitys on korostunut, koska pölyä aiheuttavat työt on tehtävä pääosin ennen talotekniikka-asennuksia. Vaatimus ilmanvaihtojärjestelmän puhtaudesta johtaa ilmanvaihtotöiden tekemiseen osastoidussa tilassa, jossa ei tehdä pölyäviä töitä. Tällaista tilaa voidaan kutsua P1-asennusalueeksi, mikä korostaa tilan muuta työmaata korkeampaa puhtaustasoa. Puhdasrakentamisessa puhtaudeltaan eritasoiset tilat erotetaan toisistaan lohkojaolla. Tämän havaittiin johtavan eri ammattiryhmien työskentelyyn lohkoitain. Lohkot muodostettiin case-kohteessa tilojen käyttötarkoituksen mukaan. Asuntorakentamisessa lohkorajoina voidaan käyttää kerroksia. Puhtausluokka P1 edellyttää pölyntorjuntaa kohdepoistoja ja osastointia hyödyntäen. Pölyntorjuntakalustoa on hyvin saatavilla, joten se ei aseta rajoitteita.

Merkittävin riski puhdasrakentamisessa on tilaajan puhdasrakentamiselle asettamat epäselvät tavoitteet. Tilaajalla ja rakentajalla tulee olla yhtenevä näkemys tavoitteista, jotta hanke pystytään laskemaan ja aikatauluttamaan oikein. Puhdasrakentaminen on huomioitava hankinnoista alkaen, joten laatutason nosto kesken hankkeen on haastavaa. Korjausrakentamisessa työmaan rajapintojen tiivistys havaittiin haastavaksi. Rajapintojen pitävyys on kuitenkin erittäin tärkeää hankkeen onnistumiselle. Puhdasrakentamisessa pölyntorjunnassa tehdyt virheet nostavat kustannuksia niistä aiheutuvien siivouskulujen ja aikatauluvaikutusten takia. Toisaalta hyvä kosteudenhallinta ja talotekniikkajärjestelmien pölyttömyys todennäköisesti vähentävät takuukorjausten tarvetta.

Työntekijöiden perehdyttäminen puhdasrakentamisen menetelmiin koettiin haastavaksi. Useimmilla työntekijöillä ei ole tällä hetkellä kokemusta puhdasrakentamisesta, mutta tilanne muuttunee puhdasrakentamisen yleistyessä.

Puhdasrakentamisen kustannuksista case-kohteessa ei saatu yhteneviä tuloksia, mutta kustannusvaikutuksia ei pidetty merkittävinä. Puhtausluokka P1:ssa puhtauden todentaminen mittauksin aiheuttaa kustannuksia. Toisaalta mittausten kustannukset kuuluvat yleensä tilaajalle. Suorien kustannusten laskeminen edellyttäisi työmaalta puhdasrakentamisen kustannusten merkitsemistä omalle litteralleen siltä osin kuin ne ylittävät hyvän rakentamistavan vähimmäisvaatimukset. Kustannussäästöjen laskeminen on huomattavasti vaikeampaa. Se edellyttäisi kattavan vertailumateriaalin käyttämistä.

Lähteinä käytettyjen tutkimusten välillä ei havaittu oleellisia ristiriitoja. Tutkimukset olivat laadukkaita, mutta kovin laajoja tutkimuksia ollut saatavilla. Case-kohteesta tehdyt havainnot vastasivat kirjallisuusselvityksellä muodostettuja tuloksia, joten tutkimustuloksia voidaan pitää luotettavina. Case-kohteen avulla muodostettiin uutta tietoa rakennusprojektin toteuttamisesta puhdasrakentamisen menetelmin erityisesti työmaan näkökulmasta. Case-kohteesta saadut tulokset edustavat yhtä kohdetta ja toteuttajaorganisaatiota. Tuloksissa olisi todennäköisesti enemmän hajontaa ja uusia näkökulmia, mikäli tutkittaisiin puhdasrakentamista useammassa hankkeissa. Haastateltaviksi saatiin liian vähän henkilöitä. Tulokset olisivat varmempia, mikäli oltaisiin haastateltu talotekniikkaurakoitsijoiden työnjohtoa ja useampia tilaajan edustajia. Tulosten luotettavuuden kannalta oli hyvä, että case-kohde oli jaettu kahteen erilliseen työmaahan. Havaintoja saatiin kahdelta erityyppiseltä työmaalta, vaikka tilaajaorganisaatio ja pääurakoitsija oli niissä sama.

6.2 Tutkimuksen tarkastelu

Valitut tutkimusmenetelmät soveltuivat tutkimusongelman ratkaisemiseen. Kirjallisuusselvitys soveltui puhdasrakentamisen lähtökohtien selvittämiseen. Tärkeimpiä puhdasrakentamiseen vaikuttavia ohjeita tai asetuksia ovat Sisäilmastoluokitus 2018, asumisterveysasetus ja Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Kirjallisuusselvitys soveltui hyvin niiden sisällön ja vaikutusten tutkimiseen. Kirjallisuusselvityksessä tehtyjen havaintojen perusteella laadittiin teemahaastattelun kysymykset.

Haastattelututkimuksen avulla tutkittiin puhdasrakentamista työmaan näkökulmasta. Teemahaastatteluiden avulla selvitettiin kokemuksia puhdasrakentamisen toteutuk-

sesta. Teemahaastattelu oli hyvä haastattelumuoto, koska sillä voitiin selvittää haastateltavan omakohtainen kokemus aiheesta liikaa ohjailematta. Case-kohde oli vaativa puhdasrakentamisen kannalta. Kohteen toimintatavat olivat hyvät, mikä voitiin todeta valvojan ja puhtaudenhallintakonsulttien haastatteluista sekä perusparannuksella tehtyjen puhtausmittausten tuloksista. Tämä nostaa teemahaastatteluiden avulla muodostettujen tulosten merkitystä. Haastatteluissa case-kohteen kosteudenhallinnasta saatiin melko suppeita vastauksia, mutta tietoa tuli esiin puhtausluokkaa P1 käsittelevien kysymysten kautta. Kirjallisuusselvitys oli haastatteluiden tekohetkelle kosteudenhallinnan osalta kesken, mikä vaikutti kysymysten määrään.

Puhdasrakentamista käsitteleviä tutkimuksia oli kohtuullisesti saatavilla, mutta ne liittyivät puhdasrakentamisen yksittäisiin osa-alueisiin. Tällä tutkimukselle puhdasrakentamisen menetelmien hyödyntäminen rakennusprojektissa esitetään helpommin ymmärrettävänä kokonaisuutena. Valituilla tutkimusmenetelmillä onnistuttiin saavuttamaan tutkimukselle asetetut tavoitteet.

6.3 Jatkotutkimusehdotukset

Puhdasrakentamisen vaikutusta rakennuksen käyttöön pidemmällä aikavälillä ei ole tutkittu. Vuosia kestäväällä seurannalla saataisiin tuloksia puhdasrakentamisen vaikutuksista. Tulokset olisivat tarkempia, mikäli seurannassa olisi mukana myös alemmalla puhtaustasolla toteutettuja kohteita. Tässä yhteydessä voitaisiin myös selvittää, pidentääkö puhdasrakentamisen käyttö taloteknisten laitteiden käyttöikä.

Puhdasrakentamisen suorat kustannukset voidaan selvittää käyttämällä kohteessa omaa litteraa puhdasrakentamiselle. Kustannusseurannan avulla olisi mahdollista laskea neliöhinta puhdasrakentamisen toimenpiteille. Puhdasrakentamisen avulla saatavia säästöjä voidaan arvioida vähentämällä suorat kustannukset kohteen toteutuneista kustannuksista ja vertaamalla saatua tulosta ilman puhdasrakentamisen menetelmiä toteutettuihin vastaaviin kohteisiin. Tämä edellyttäisi kuitenkin kattavaa tutkimusaineistoa.

Puhdasrakentamista voisi tutkia toisenlaisissa case-kohteissa. Puhdasrakentamista esimerkiksi palvelutalohankkeessa olisi kiinnostavaa tutkia ja verrata tuloksia tähän tutkimukseen.

LÄHTEET

Andersson, T. (2004). Rakennussiivous. Työn aikainen ja loppusiivous osana rakentamisen puhtaudenhallintaa. Suomen siivousteknisen liitos julkaisuja 2:10, Mikkeli, 30 s. + liitt. 5 s.

Andersson, T. (2009). Puhtausluokan P1 ilmanvaihdon asennusolosuhteiden ja toimintakoevaiheen ilman pölypitoisuuden raja-arvojen määrittely. Sisäilmastoseminaari 2009, Jyväskylä, SIY Sisäilmatieto Oy, ss. 327–332.

Andersson, T. (2013). P1 Siivouksessa. Saatavissa (viitattu 9.12.2015): http://static.ecome.fi/upload/6213/p1_siivouksessa.pdf

Andersson, T. (2015). Puhtausluokka P1 tulostusraportti. TPA Andersson Oy. 2 s.

Andersson T. & Takkunen J. (2012). Puhtaudenhallinta rakennuksen muutto- ja käyttöönottovaiheessa. Sisäilmastoseminaari 2012, Loimaa, SIY Sisäilmatieto Oy, ss. 45–50.

Andersson T. & Takkunen J. (2016). Puhtausluokan P1 seuranta- ja arviointimenetelmät sekä tulokset uudis- ja peruskorjaushankkeissa 2013–2015. Sisäilmastoseminaari 2016, Juva, SIY Sisäilmatieto Oy, ss. 339–344.

Asikainen, V., Palonen, J. & Pasanen, P. (2009). Pölyisyyden ja pölyaltistumisen vähentäminen uudisrakentamisessa. Sisäilmastoseminaari 2009, Jyväskylä, SIY Sisäilmatieto Oy, ss. 51–56.

ASTQ Suply House Oy. (2015). Pölynhallinnan käsikirja osa 2. 4. tarkistettu painos. Saatavissa (viitattu 26.10.2015): www.astq.fi/pdf/IMUROINNIN.pdf

Consair Oy. P1-puhtausluokan rakentaminen. 22 s. Saatavissa (viitattu 15.6.2019): https://polynhallinta.consair.fi/p1_puhtausluokan_rakentaminen_ekirja

Euroopan johtavien työsuojelutarkastajien komitea (SLIC). (2006). Hyvien toimintatapojen käytännön opas asbestiin liittyvien riskien ehkäisemiseksi tai minimoimiseksi työssä, jossa esiintyy (tai saattaa esiintyä) asbestia: työnantajille, työntekijöille ja työsuojelutarkastajille. Euroopan komissio, Työllisyys-, sosiaali- ja tasa-arvoasioiden pääosasto. 129 s. Saatavissa (viitattu 2.12.2015): <http://sapry.fi/datafiles/userfiles/Ohjeita/Hyvien%20toimintatapojen%20opas.pdf>

Hatakka, K. (2014). Rakennustyömaan kosteudenhallinta. Rakentajain kalenteri 2014, Porvoo, Rakennusmestarit ja –insinöörit AMK RKL ry, Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy, ss. 153–156.

Heino, A. (2011). Pölynhallinnan (pölyntorjunnan) suunnittelu rakennustyömaalla. Sisäilmastoseminaari 2011, Jyväskylä, SIY Sisäilmatieto Oy, ss. 181–186.

Heino, A. (2013). Rakennustyömaan olosuhdevalvonta etäluettavilla mittalaitteilla. Sisäilmastoseminaari 2013, Jyväskylä, SIY Sisäilmatieto Oy, ss. 207–212.

Helsingin Yliopiston Fysiikan laitos. Inertiaan perustuvat menetelmät, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 15.1.2016): <http://www.hiukkastieto.fi/node/49>

Hienonen, M., Mikkonen, L., Riippa, T., Seppälä, P. & Tackett, E. (2015). Kosteudenhallinnan katkeamaton kuivaketju – yhteistyössä ja rakennusvalvonnan tuella. Rakennusfysiikka 2015, Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, ss. 349–354.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2007). Tutki ja kirjoita. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki, 448 s.

Hyvärinen, A., Hyytiäinen, H., Saarnio, H., Täubel, M. & Valkonen, M. (2019). Mikrobimääritykset rakennusmateriaalinäytteestä – menetelmien vertailu. Sisäilmastoseminaari 2019, Vaasa, SIY Sisäilmatieto Oy, ss. 209–213.

Hyvärinen, A., Kärkkäinen, P., Lignell, U., Nevalainen, A., Pietarinen, V. & Rintala, H. (2008). Kvantitatiivisen PCR-menetelmän ja viljelyn vertailu määritettäessä mikrobeja rakennusmateriaaleista. Sisäilmastoseminaari 2008, Vaasa, SIY Sisäilmatieto Oy, ss. 25–27.

Imu-Tec Oy. Keskuspölynimurit, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 16.12.2015a): <http://imu-tec.fi/keskusp%C3%B6lynimurit-1>

Imu-Tec Oy. Kontti-imurit, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 16.12.2015b): <http://imu-tec.fi/kontti-imurit>

Imu-Tec Oy. KY-900 kontti-imuri, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 21.5.2019): <http://imu-tec.fi/kontti-imurit>

Kanerva, T., Kokkonen, A., Koski, H., Laamanen, J., Lappalainen, V., Linnainmaa, M., Merivirta, M., Oksa, P., Pasanen, P., Piirainen, J., Rautiala, S. & Säämänen, A. (2013). Pölynhallinta korjausrakentamisessa. Epäpuhtauksien hallinta saneeraushankkeissa – Puhdas ja turvallinen saneeraus. Kuopio, Itä-Suomen yliopisto, Reports and Studies in Forestry and Natural Sciences 12. 142 s.

Koskenvesa, A. & Teriö, O. (2012) Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen. Rakentajain kalenteri 2012, Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy, Rakennusmestarit ja insinöörit AMK RKL ry, ss. 127–133.

Koski, H., Laitinen T., Mattila, I., Taipale, A. & Törnqvist J. (2013). Pölynhallinnan ja maan tiivistämisen kestävät toimintamallit talonrakennusalalla. Pölyntorjunta rakennustyömaalla. Maantiivistäminen talonrakentamisessa. VTT. 97 s.

Kukkonen, E. (2013). qPCR mikrobien DNA-analyysiin, Sisäilmayhdistys ry, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 20.1.2016): <http://www.sisailmauutiset.fi/?p=1535>

Laakkonen, L., Liesivesi, K., Säteri, J. & Tammisalo, T. (2010). Puhtaan rakentamisen opas. Espoo, SIY Sisäilmatieto Oy. 18 s.

Meklin, T. & Rintala, H. (2014). Rakennusmateriaalinäytteiden qPCR-tulosten tulkinnasta. Sisäilmastoseminaari 2014, Juva, SIY Sisäilmatieto Oy, ss. 363–365.

Mikrobioni Oy. Mikrobianalyysit, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 16.5.2019): <https://mikrobioni.fi/analyysipalvelut/mikrobianalyysit/>

Mikrobioni Oy. qPCR – Kvantitatiivinen polymeraasiketjureaktio rakennusten mikrobianalyysissä, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 20.1.2016): <http://www.mikrobioni.fi/palvelut/analyysipalvelut/qpcr-menetelma/>

Oy Teknocalor Ab. Hiukkasmittarit, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 18.12.2015): <http://www.teknocalor.fi/fi/mittauslaitteet/tuotteet/sisailman-laatu/hiukkasmittarit>

Poistoa Oy. Pintapölymittaus, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 21.5.2019): <https://homesiivous.fi/palvelut/pintapolymittaus-3>

Ratu 1225-S. Pölyntorjunta rakennustyössä. (2009). Rakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö. 30 s.

Ratu 82-0240. Tavanomiset purkutyöt. (2000). Rakennusteollisuuden Keskusliitto ja Rakennustietosäätiö. 9 s.

Ratu 82-0381. Kivihiihikeä sisältävien rakenteiden purku. Osastointimenetelmä. (2011). Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö. 18 s.

Ratu S-1232. Rakennustyömaan sääsuojaus. (2013). Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS. 14 s.

RIL 250-2011. Kosteudenhallinta ja homevaurion estäminen. (2011). Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 150 s. + liitt. 93 s.

RT 07-10805. Terveen talon toteutuksen kriteerit. Kriteerit ja ohjeet toimitilarakentamiselle. (2003). Rakennustietosäätiö. 20 s.

RT 07-10946. Sisäilmastoluokitus 2008. (2009). Rakennustietosäätiö. 22 s.

RT 07-11299. Sisäilmastoluokitus 2018. (2018) Rakennustietosäätiö. 24 s.

Salminen, A. (2011). Mikä kirjallisuuskatsaus? Vaasa, Vaasan yliopisto, Vaasan yliopiston julkaisuja. Opetusjulkaisuja 62. Julkisohtaminen 4, 44 s.

SFS 5994 INSTA 800. (2012). Siivouksen tekninen laatu. Mittaus- ja arviointimenetelmä (INSTA 800:2010). Suomen standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki, 123 s.

Sosiaali- ja terveysministeriö. (2018). HTP-arvot 2018. Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 9/2018. Helsinki. 19 s. + liitt. 84 s.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. (2015). A 23.4.2015/545.

Takkunen, J. (2014). Puhtausluokka P1 rakennus- ja ilmanvaihtotyössä. Saatavissa (viitattu 20.5.2019): <https://docplayer.fi/21720037-Puhtausluokka-p1-rakennus-ja-ilmanvaihtotyossa-tyomaan-olosuhteet-ja-sisailmariskit-hallintaan.html>

Takkunen, J. (2015). Kalliolan koulu. Muuton puhtaudenhallinta. Saatavissa (viitattu 22.1.2016): <http://docplayer.fi/storage/21/1190744/1453459996/cSO2zGBpGHu1WHpet3t8wQ/1190744.pdf>

TSI Incorporated. DustTrak II Aerosol Monitor 8530, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 21.5.2019): <https://www.tsi.com/dusttrak-ii-aerosol-monitor-8530/>

Työterveyslaitos. Pölynhallinta korjausrakentamisessa, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 15.6.2019): <https://www.ttl.fi/tyoymparisto/altisteet/asbesti/polynhallinta-korjausrakentamisessa/>

Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta. (2015). A 25.6.2015/798.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. (2009). A 26.3.2009/205.

Valtioneuvoston kanslia. (2018). Kohti kokonaisvaltaista hyvinvoinnin edistämistä ja käyttäjien huomioon ottamista julkisissa rakennuksissa. Valtioneuvoston periaatepäätös Terveet tilat 2028 -toimenpideohjelmasta, 3.5.2018. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 2/2018, Helsinki, 35 s. Saatavissa (viitattu 2.7.2019): <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/160822>

Valvira. (2016). Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Osa IV. Asumisterveysasetus § 20. Saatavissa (viitattu 24.4.2019): <https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+soveltamiso+hje+osa+IV.pdf/cdfaaa39-d2e5-4bd6-b9e9-6d9c0f60bff6>

Vilkkä, H. (2005). Tutki ja kehitä. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki, 188 s.

Ympäristöministeriö. (2017). Perustelumuistio. Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Saatavissa (viitattu 16.4.2019): <https://www.ym.fi/download/noname/%7BAF8729AF-50BE-4CD6-89EA-FAF529D5F391%7D/132606>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. (2017). A 24.11.2017/782.

LIITE A: HAASTATTELU 1

Haastattelu 20.4.2016

Haastateltava: Puhtaudenhallintakonsultti

Päijät-Hämeen keskussairaalan rakennusvaihe 6

1. Työmaiden perustiedot

1.1 Millaiset lähtökohdat puhdasrakentamiselle?

Puhtaudenhallinta on erityisen tärkeää sairaalakohteissa. Työskentely tapahtuu käytössä olevien tilojen rajapinnassa. Pölyä ei saa päästä käytössä oleviin tiloihin. Saneerausosa oli haastava massiivisten purkutöiden takia, työmaa täytyi saada osastoitua pölytiivisti erilleen käytössä olevista tiloista. Rajapinnassa oli sairaalan huoltokäytävä, missä huoltoliikenteen täytyi päästä kulkemaan koko hankkeen ajan. Alussa suunniteltiin rajapintaan osastoitu, alipaineistettu suojaseinä. Suojaseinälle ei kuitenkaan löytynyt tilaa, työmaalla se olisi ollut purkutöiden tiellä ja sairaalan puolella se olisi vienyt liikaa tilaa.

1.2 Mitkä ovat puhtaudenhallinnan asiantuntijan tehtävät?

Tehtäviä ovat puhtaudenhallinnan ohjeistus, -arviointi ja -valvonta. Alkuvaiheessa tehdään suunnittelua, eli asiakirjavaiheessa oltiin mukana määrittelemässä puhtaudenhallintakäytännöt asiakirjoihin. Vastuiden ja sanktioiden määrittely urakkarajaliitteen. Hankkeeseen liitettiin mukaan suunnitteluvaiheessa.

2. Puhtaudenhallinnan suunnittelu

2.1 Mistä saatiin tietoa puhdasrakentamisesta?

Lähteitä ovat terveen talon toteutuksen kriteerit, sisäilmastoluokitus 2008, Ratu-kortit ja lainsäädäntö. Puhtaudenhallintaohje räätälöidään jokaiseen hankkeeseen sopivaksi. Yrityksessä tehdään runsaasti tutkimustyötä, ja yritys on ollut mukana määrittelemässä pintapölyn raja-arvoja sisäilmastoluokitus 2008:saan.

2.2 Millaista tietoa on vaikea saada?

Sisäilma- ja mikrobikohteista olisi hyvä saada lisää tietoa, mutta todennäköisesti kukaan ei osaa antaa vastausta. Ei ole tarkkaa tietoa, mikä on oikea tapa mikrobivaurioiden puhdistukseen. Työterveyslaitos ei suosittele otsonointia ja desifointia. Oikeasta tavasta on ristiriitaista tietoa. Todennäköisesti kukaan ei vielä osaa antaa tyhjentävää vastausta. Ei ole tietoa, saadaanko kaikki epäpuhtaudet poistettua. Joku oireilee aina, vaikka tilat olisi

puhdistettu hyvin huolellisesti. TPA Andersson Oy ei oheistuksissaan suosittele desinfiointeja homesaneerauksissa.

2.3 Miten puhtaudenhallinta suunniteltiin ja ketkä siihen osallistuivat?

Suunnittelua tehtiin suunnitteluvaiheessa ja oltiin mukana suunnittelukokouksissa. Suunnittelua tehtiin pääasiassa yhdessä tilaajan projektipäällikön kanssa. Osastointia ja suojasienien paikkoja suunniteltiin yhdessä tilaajan kanssa. Urakkalaskentamateriaaleihin määriteltiin vaatimukset, jotta urakkalaskennassa pystytään huomiomaan P1-käytännöt. Puhtaudenhallintaohje toimitettiin esimerkiksi iv-suunnittelijalle kommentoitavaksi. Yleensä suunnittelijat eivät juuri kommentoi puhtaudenhallintasuunnitelmaa. Puhtaudenhallintaohjeessa kuvataan vain iv-asennuksen olosuhdevaatimukset ja asennuksen puhtaudenhallintamenetelmät. Iv-suunnittelijat kuvaavat käytännön toteutuksen työselostuksissa.

2.4 Millaisia suunnitelmia tehtiin?

TPA Andersson Oy tekee puhtaudenhallintaohjeen. Uudisosalla ja saneerausosalle tehtiin omat puhtaudenhallintaohjeet. Urakkaohjelmaan määritellään vastuut ja sanktiot. Pääurakoitsija veloitetaan tekemään pölynhallintasuunnitelma.

3. Puhtausluokka P1

3.1 Milloin puhtausluokkaa P1 käytettiin?

Työmaat ovat määritelty P1-kohteiksi. P1 ei varsinaisesti ala kesken hankkeen, vaan se on käytössä suunnittelusta kohteen luovutukseen. Puhtaudenhallinnan arviointi aloitettiin saneerausosalla jo purkuvaiheessa, jotta varmistetaan työmaan ja käytössä olevien tilojen rajapintojen tiiveys. Uudishankkeessa puhtaudenarviointikäynnit aloitettiin, kun rakennuksen vaippa on ummessa. Runkovaiheessa ei arvioida työmaan puhtautta.

3.2 Miten P1 vaikutti rakentamiseen?

P1:llä on aikatauluvaikutuksia, eli aikataulu tuo haasteita. Pienellä työmaalla aikataulutaminen on haastavaa, koska työmaata ei voi lohkoa liian pieniin lohkoihin. Iv-asennukset pysäyttävät muut työt lohkoissa.

3.3 P1:n hyödyt ja haitat kohteessa?

Työturvallisuusnäkökulma on isoin hyöty. Usein unohdetaan, P1:llä on iso vaikutus ilman hiukkaspitoisuuteen ja sitä kautta työturvallisuuteen. Tilaaja hoitaa oman osuutensa työturvallisuuslainsäädännön noudattamisesta määrittelemällä kohteen P1-kohteeksi. P1:llä saadaan puhtaat tilat ja puhdas ilmanvaihtojärjestelmä. Vältetään ilmanvaihdon

nuohouskuluilta. Puhdas sisäilma on nykypäivänä tärkeä asia. Uudiskohteen huono sisäilma aiheuttaisi huonoa julkisuutta. Jos hanke täyttää P1-vaatimukset toimintakoe- ja luovutusvaiheissa, tämä on urakoitsijalle arvokas ansio. Työntekijät arvostavat siistiä työmaata, jossa tavarat ovat järjestyksessä. P1 voi aiheuttaa joissain hankkeissa lisäkustannuksia, mutta on vaikea keksiä mitään negatiivista. Luotettavaa laskutapaa kustannuksista ei ole. Puhtaudenhallinta vaikuttaa aikatauluun, joten tilaajan toivotaan antavat hankkeelle tarpeeksi aikaa.

3.4 Haastavimmat puhtaudenhallintaan liittyvät toimenpiteet?

Haastavinta on saada kaikki osapuolet toimimaan yhdessä. Saneerauskohteissa osastointi ja rajapintojen tiivistys on haastavaa suunnittelussa ja toteutuksessa. Nykyaikana koneet ja laitteet ovat hyviä, eivätkä ne ole varsinainen kustannuskysymys.

3.5 Miten puhtaudenhallintaa mitattiin ja valvottiin?

Saneerausalueelle tehtiin purkukatselmuksia, jossa arvioitiin rajapintojen tiiviys, työmaan alipaineistus, jäävien kanavien tulppaukset ja purkujätteen ajantasainen poistaminen. Purkutyön päätyttyä arvioidaan purkutyöjätteen siivous ja purkutyöstä syntyneen irtolien poisto. Rakentamisen aikana tehtiin TP-arviointia kaksi kertaa kuukaudessa. TP-arvioinnin yhteydessä arvioitiin iv-asennusten asennusolosuhteet, mikäli sellaisia oli käytössä. TP-arvioinnissa puhtaustasovaatimus kasvaa hankkeen edetessä. Raakabetonipinnoilla sallitaan irtolikkaa, mutta esimerkiksi lattia-asennusten jälkeen puhtaustasovaatimus on kireämpi. Toimintakoevaiheen puhtaustason täytyy säilyä työmaalla. Toimintakoevaiheessa voitaisiin tehdä mallikatselmus loppusiivouksesta. Saneerahankkeen puhtausmittauksista tehtiin koonti, jossa selvitetään hankkeen puhtaudenhallinnan onnistuminen.

3.6 Miten P1 vaikuttaa kustannuksiin?

Joidenkin mukaan P1 tuo kustannuksia, mutta kustannusvaikutuksista on näkemyseroja.

3.7 Miten puhtaudenhallinnan jatkuminen varmistetaan muuttovaiheessa?

Muuttovaihe on tilojen käyttäjän vastuulla, mutta ohjeistus voitaisiin tehdä muuton puhtaudenhallintaan. Vanha irtaimisto tulee puhdistaa, uusien kalusteiden asentamisessa on käytettävä kohdepoistoja. Kalusteet on puhdistettava ja lattiapinnat suojataan tarvittaessa. P1-puhtausluokalla toteutettu rakennus on puhtaimmillaan rakennuksen luovutushetkellä. Olisi toivottavaa kiinnittää muuttoon enemmän huomiota, jotta rakentamisen aikana saatua puhtaustasoa ei menetettäisi. Sisäilmaongelmat voivat palautua kohteeseen, jos sinne tuodaan puhdistamattomia vanhoja tavaroita. Muuton kustannuksiin ei välttämättä ole varattu riittävästi määrärahoja.

4. Koulutus ja osaaminen

4.1 Millaisia koulutuksia pidettiin?

Koulutettiin P1-rakentamista käytännönläheisin kuvin ja esimerkein. Ensimmäisessä koulutuksessa käsiteltiin rakentamisen aikaista puhtaudenhallintaa. TP-arvioinnissa arvioitavia asioita käydään läpi. Niitä ovat laitteet, materiaalien varastointi, asennusolosuhteet, jätehuolto, siivous, pölynhallinta ja iv-asennusalueiden vaatimukset. Toisessa osiossa käydään läpi puhtaudenhallintaa toimintakoevaiheessa ja -luovutusvaiheessa. Palaute on ollut hyvää.

4.2 Millaista puhtaudenhallinnan osaamista rakennusliikkeiden täytyy kehittää?

Puhtaudenhallinta täytyy ottaa huomioon laskennassa. Pölynhallintasuunnitelmat ovat usein standardiohjeita. Olisi parempi miettiä puhtaudenhallintaa kohdekohtaisesti ja suunnitella lohkojaot ja alipaineistukset etukäteen, koska se helpottaa rakentamista. Puutteelliset pölynhallintasuunnitelmat voivat johtua ajan säästämisestä tai osaamista ei ole kohteen alkuvaiheessa vielä riittävästi. Puhtaudenhallintamenetelmien ja -kaluston hallitseminen on vaihtelevaa. Mestarin asenne ja kokemus vaikuttavat paljon työmaan puhtaudenhallintaan.

4.3 Millaista puhtaudenhallinnan osaamista rakennuttajien täytyy kehittää?

Puhtaudenhallintatoimenpiteet ja vastuut pitäisi määritellä paremmin urakka-asiakirjoihin. Urakoitsijat laskevat kohteen laskentamateriaalien mukaan. Esimerkiksi pölynsidontakäsittelyjä puuttuu työselityksistä, eli kaikkia pölynhallintatoimenpiteitä ei ole määritetty. Olisi toivottavaa, että rakentamiselle annettaisiin riittävästi aikaa. Puhtaudenhallinnan asiantuntijoiden työ tukee valvojien työtä puhtaudenhallinnan osalta.

5. Kosteudenhallinta ja sisäilma

5.1 Onko korjattavassa kohteessa tehty sisäilmatutkimuksia?

On tehty sisäilmatutkimuksia. Valtiolta saatiin avustuksia saneerausosalle.

5.2 Oliko korjattavassa kohteessa sisäilmaongelmia tai mikrobivaurioita?

Saneerausosalla oli jonkin verran mikrobipurkutyötä fysiatrian osastolla. Purkutyöt olivat niin laajoja, että mikrobipuhdistukselle ei ollut tarvetta.

5.3 Miten varmistettiin, että kohteeseen ei tulisi kosteudesta aiheutuvia sisäilmahaittoja?

P1:n näkökulmasta materiaalien varastointia ja suojausta arvioidaan.

6. Muita huomioita puhdasrakentamisesta?

Sisäilmastoluokitus 2008:ssa sallitaan iv-järjestelmän sisäpintojen pölyisyydeksi 8 %, mikä on melko paljon. Se ei ole aivan linjassa pintojen pölyisyysvaatimuksien kanssa.

LIITE B: HAASTATTELU 2

Haastattelu 15.4.2016

Haastateltava: Puhtaudenhallintakonsultti

Päijät-Hämeen keskussairaalan rakennusvaihe 6

1. Työmaiden perustiedot

1.1 Millaiset lähtökohdat puhdasrakentamiselle?

Saneerauskohteessa on huomioitava, millaisia rajapintoja siellä on. Jos joudutaan käymään käytössä olevissa tiloissa tai käyttäjät joutuvat käymään työmaapuolen tiloissa, on pölyn leviäminen minimoitava. Sairaalan huoltotiloihin oli kulkua.

1.2 Mitkä ovat puhtaudenhallinnan asiantuntijan tehtävät?

Olemme olleet mukana suunnittelussa. Laadimme puhtaudenhallintaohjeen urakka-asiakirjoissa määriteltyjen sisäilmastoluokitusten ja P1-vaatimusten perusteella. Ohje määrittää, miten toimitaan tilaajan toiveiden mukaisesti. Olemme olleet mukana urakka-asiakirjojen laadinnassa.

2. Puhtaudenhallinnan suunnittelu

2.1 Mistä saatiin tietoa puhdasrakentamisesta?

TPA Andersson saa tietoa puhtaudenhallinnasta työmailtaan, työn aikana opitaan. Työmailta on kerätty tietoa eli hyvät ja huonot kokemukset. Suunnitteluvaiheen kommunikointi on tärkeää ennen rakentamisen tai purkamisen aloittamista. Oppiminen tapahtuu tutkimuksen ja käytännön kautta. TP-arvioinnilla, toimintakoevaiheen tarkastuksilla ja vastaanottotarkastuksilla saadaan lukemia eli numeraalista tietoa, miten puhtaus on mennyt hankkeen aikana. Tietoa saadaan myös käytännön kautta näkemällä ja katsomalla. Jokainen työmaa on erilainen, samanlaisia rajapintoja ei ole. Työmme tukee viranomaisten säätämiä asioita.

2.2 Millaista tietoa on vaikea saada?

Vielä ei ole tutkimustietoa, miten hyvin tai huonosti työmaalla toteutunut P1 näkyy 10 tai 20 vuoden päästä kiinteistössä. Yleensä hankkeet loppuvat osaltamme rakentamisen päättymiseen. Joissakin kohteissa tehdään muuton puhtaudenhallintaa tai Terve talo - tarkastuksia myöhemmin rakentamisen ja käyttöönoton jälkeen. Rakentamisen jälkeisistä tarkastuksista saadaan hiljalleen tietoa, mutta pidemmälle ulottuvaa tutkimusta hyödyistä ei taida olla.

2.3 Miten puhtaudenhallinta suunniteltiin ja ketkä siihen osallistuivat?

En ollut alussa mukana hankkeessa, mutta todennäköisesti siellä olivat tilaajan edustajia ja TPA Andersonin edustajia.

2.4 Millaisia suunnitelmia tehtiin?

Tehtiin puhtaudenhallintaohje.

3. Puhtausluokka P1

3.1 Milloin puhtausluokkaa P1 käytettiin?

P1-puhtausluokkaa käytettiin aina. Toivomme, että puhtaus olisi joka hankkeessa P1-vaatimusten mukainen alusta loppuun asti. Ihmisillä ei ole vielä tarpeeksi tietoa P1:stä. P1 yhdistetään usein iv-asennusten aloittamiseen, mutta P1 on paljon muutakin.

3.2 Miten P1 vaikutti rakentamiseen?

P1 vaikuttaa rakentamiseen niin, että työvaiheet aikataulutetaan oikeaan aikaan. Pölyävät työt lopetetaan oikeassa vaiheessa, esimerkiksi ennen iv-asennusten aloittamista. Jos tämä ei ole mahdollista, on osattava ottaa pölynhallintakeinot, kuten osastoinnit, alipaineistukset ja rakennussiivous, käyttöön.

3.3 P1:n hyödyt ja haitat kohteessa?

Työmaa on turvallinen ja ilmapiiri on hyvä. Jokainen pääsee tekemään työnsä, koska työmaalla on siistiä ja puhdasta. Kun tilat otetaan käyttöön, ne ovat puhtaat. Rakennuspölystä ei aiheudu haittaa työmaan rajapintojen toisella puolella oleville ihmisille. Ilmanvaihtojärjestelmään eikä rakenteisiin, kuten alakattoihin, jää rakentamisesta aiheutunutta pölyä tai roskia. Jos alakatto yläpuoli ei ole puhdas ja kattoa avataan kymmenen vuoden päästä, sinne jäänyt pöly pääsee sisäilmaan. Haittoja ei ole, mutta tietoa on saatava käytäntöön. Tällöin P1:n hyvät puolet ymmärretään.

3.4 Haastavimmat puhtaudenhallintaan liittyvät toimenpiteet?

Asiantuntija pitää saada paikalle suunnitteluvaiheeseen. Työmaan käynnistyessä koulutusta, tiedonjakoa ja yhteistyötä tulisi lisätä. Se luultavasti lisääntyy, kun P1 tulee tunnetummaksi. Käytännön haasteita työmaalla on pölynhallinnan keinojen käyttöönotto. Työmaa etenee vauhdilla, ja aikataulutus on monesti haaste. Aina ei ole tiedossa, mitä kukin tekee. Esimerkiksi toinen ei tiedä, että toinen aloittaaakin hiomaan seinää. P1 ei vaikuta aikatauluihin, jos se on otettu huomioon suunnittelu- ja asiakirjavaiheessa. Joku voisi sanoa, että P1 vie aikaa. Alussa aikaa voi mennä enemmän, mutta se säästetään työn aikana ja loppusiivouksessa.

3.5 Miten puhtaudenhallintaa mitattiin ja valvottiin?

Työmaalla tehtiin joka toinen viikko TP-arviointi. Koulutukset järjestettiin työmaalla. Toimintakoevalmiudessa työmaa tarkastettiin visuaalisesti ja pintapölymittauksin. Kaikkien tilojen täytyi täyttää määritellyt kriteerit. Myös vastaanottovaiheessa tilat tarkastettiin visuaalisesti ja pintapölymittauksin.

3.6 Miten P1 vaikuttaa kustannuksiin?

Jos P1 on otettu huomioon suunnittelussa, se ei aiheuta juurikaan suuria kustannuksia. Jos sitä ei ole suunniteltu alussa, joudutaan rakentamisen aikaista siivousta, loppusiivousta ja suojauksia lisäämään ja se voi vaikuttaa aikatauluun.

3.7 Miten puhtaudenhallinnan jatkuminen varmistetaan muuttovaiheessa?

Tilaajien ja käyttäjien pitäisi ottaa muuton puhtaudenhallinta paremmin huomioon. Usein siihen ei uhrata tarpeeksi aikaa, vaan tavarat vain tuodaan sisään. Olisi hyvä laatia muuton puhtaudenhallinnasta ohje. Siinä määritellään, tuleeko tiloihin uusia tai vanhoja kalusteita, miten ne tulevat ja miten puhtaustaso säilytetään vastaanotossa.

Kohteessa ei pidetty vastaanoton jälkeen virallisia puhtaustarkastuksia.

4. Koulutus ja osaaminen

4.1 Millaisia koulutuksia pidettiin?

1. vaiheen koulutuksessa käsitellään syvällisemmin, mitä P1 on, mitkä ovat sen hyödyt, mihin kiinnitetään huomiota ja miten puhtaudenhallinta etenee työmaalla. 2. vaiheen koulutus pidettiin toimintakoevaiheen lähestyessä, jolloin sisävalmistusvaihe on jo pitkällä. Siinä käytiin läpi tarkemmin käytännön puhtausvaatimuksia toimintakoevaiheesta ja vastaanottovaiheesta.

4.2 Millaista puhtaudenhallinnan osaamista rakennusliikkeiden täytyy kehittää?

Ei ymmärretä rakentamisessa syntyvän pölyn merkitystä. Ajatellaan, että se kuitenkin siivotaan lopussa pois. Osastoimisen, suojauksen ja rakennussiivouksen merkitystä ei ymmärretä tarpeeksi hyvin hankkeen alkuvaiheessa. Ne tulisi huomioida paremmin, jotta rakentamisen loppuvaiheessa olisi helpompaa.

Pölynhallintamenetelmien osaaminen vaihtelee paikkakunnittain. Meidän kanssa yhden työmaan läpi vieneillä on yleensä hyvä tietotaito pölynhallinnasta. Pelkkä paperi ei riitä pölynhallinnan oppimiseen, sillä se konkretisoituu vasta näkemällä ja kokemalla käytännössä.

4.3 Millaista puhtaudenhallinnan osaamista rakennuttajien täytyy kehittää?

Rakennuttajan ei tulisi suunnitteluvaiheessa pelkästään kirjoittaa asiakirjoihin pelkästään P1, vaan mitä siinä halutaan ja mitä vaaditaan.

5. Kosteudenhallinta ja sisäilma

5.1 Onko korjattavassa kohteessa tehty sisäilmatutkimuksia?

En ollut alussa mukana hankkeessa.

5.2 Oliko korjattavassa kohteessa sisäilmaongelmia tai mikrobivaurioita?

En ollut alussa mukana hankkeessa.

5.3 Miten varmistettiin, että kohteeseen ei tulisi kosteudesta aiheutuvia sisäilmahaittoja?

Kuivumisaikojen huomiointi. Emme puutu muuten kosteudenhallintaan, mutta työmaakierroksen aikana havaitut puutteet esimerkiksi sääsuojauksissa tuodaan julki.

6. Muita huomioita puhtasrakentamisesta?

Ei lisättävää. Työmaan puhtaudenhallinta on aiheellista.

LIITE C: HAASTATTELU 3

Haastattelu 21.4.2016

Haastateltava: Päävalvoja

Päijät-Hämeen keskussairaalan rakennusvaihe 6

1. Työmaiden perustiedot

1.1 Millaiset lähtökohdat puhdasrakentamiselle?

Sisäilmaluokka asettaa ilmastoinnin asennusolosuhteet. Sairaalan peruskorjauspuoli oli eristettävä toiminnassa olevista tiloista. Rajapintojen tiivistäminen ja suojaseinät estävät työmaapölyn leviämisen toiminnassa oleviin tiloihin.

2. Puhtaudenhallinnan suunnittelu

2.1 Mistä saatiin tietoa puhdasrakentamisesta?

Sisäilmaluokitus on ollut pitkään käytössä. Konkreettinen toimenpide on puhtaudenhallintasuunnitelma. Sairaalan rakennushankkeissa on menty kohti puhtaampaa rakentamista. TPA Andersson Oy on ollut mukana jo suunnitteluvaiheessa ja suunnittelukokouksissa. Suunnittelijoilla ja rakennuttajalla on tietoa puhtaudenhallinnasta. Puhtaudenhallinnan konsultti tekee puhtaudenhallintasuunnitelman. Erillinen konsultti helpottaa suunnittelu- ja rakentamisvaiheita tekemänsä puhtaudenhallintasuunnitelman avulla. Puhtauden seuranta kuuluu konsultille, mikä helpottaa valvojan työtä. On hyvä, että ulkopuolisella taholla on selkeä systeemi seurannasta ja reklamoinnista. Puhtaudenhallintasuunnitelma ohjeistaa myös sivu-urakoitsijoita, joten pääurakoitsija ei ole yksin vastuussa puhtaudenhallinnan ylläpidosta.

2.2 Millaista tietoa on vaikea saada?

Kaikki tarvittava tieto on saatavilla. Tilaajalla on kokemuksen kautta saatua tietoa, ja täydentävää detaljitietoa saadaan TPA Andersson Oy:ltä, jonka asiantuntemuksesta on maksettu.

2.3 Miten puhtaudenhallinta suunniteltiin ja ketkä siihen osallistuivat?

TPA Andersson Oy teki puhtaudensuunnitelmat molemmille työmaille. Korjaustyömaan suunnitelmassa huomioitiin kohteen mikrobivauriot. Laajennustyömaan suunnitelmassa huomioitiin apteekin puhdastilojen erityispiirteet. TPA Andersson ohjeisti puhdastilojen rakentamisen tilojen spriipesuun asti P1-rakentamisen ohjeiden mukaan. Granlund teki puhdastilan suunnitteluohjeen, joka oli muiden suunnittelijoiden käytössä.

2.4 Millaisia suunnitelmia tehtiin?

P1-rakentamisen puhtaudenhallintasuunnitelma. Arkkitehtisuunnitelmat ja erikoissuunnitelmat tarkastutettiin puhtaudenhallintasuunnittelijalla, jotta niissä olisi yhtenevät sisäilmavaatimukset. Puhtaudenhallintasuunnittelijan kanssa käytiin suojaseinäsuunnitelmat läpi, ja ne lisättiin arkkitehtipiirustuksiin.

3. Puhtausluokka P1

3.1 Milloin puhtausluokkaa P1 käytettiin?

Ilmanvaihdon asennustöiden alkaessa pidettiin iv-asennusalueen puhtaustarkastus. Iv-asennusalueen täytyi olla erotettu muusta työmaasta. Iv-asentajan täytyi huolehtia kanavien tulppauksesta, jotta iv-kanavat pysyvät puhtaana.

3.2 Miten P1 vaikutti rakentamiseen?

Jouduttiin tekemään suojaseiniä ja lohkomaa työmaata. Pääurakoitsija tekee niiden suunnittelun. P1 on haaste, muttei haitta. P1 rytmittää rakentamista, mutta se vaatii huolellista suunnittelua. Aikataulua täytyy noudattaa, jotta työjärjestys on oikea. P1 ei vaikuta aikatauluun pidentävästi, mutta asiat ja lohkojaot on mietittävä loppuun asti. Alakattojen yläpuolen asennusjärjestys täytyy huomioida erityisesti matalissa tiloissa. Aikataulussa täytyy huomioida asennusjärjestys.

3.3 P1:n hyödyt ja haitat kohteessa?

Suurin hyöty on, että tilat ovat käyttöön otettaessa todella puhtaat. Kriittiseltä Laitoshuololta ei tullut yhtään palautetta likaisuudesta. Ilmastointijärjestelmä on puhdas. Työmaalla on paljon mukavampi kulkea. Haittapuolia ei ole, mutta tiettyjä haasteita on. Lopputulos paranee huomattavasti.

3.4 Haastavimmat puhtaudenhallintaan liittyvät toimenpiteet?

Aikataulutus on huomioita huolellisesti. Purkuvaihe on kaukana P1:stä. Rajapintojen tiivistys on haastavaa läpimenojen runsaan määrän takia. Tämä vaatii huolellisuutta.

3.5 Miten puhtaudenhallintaa mitattiin ja valvottiin?

TPA Andersson Oy teki joka toinen viikko työmaan tarkastuskierroksen. Ennen alakattojen umpeen laittoa he tekivät toimintakoevalmiuteen liittyvän puhtaustarkastuksen. Ennen alakattojen umpeen laittoa niiden yläpuolten puhtaus tarkastettiin. Ennen vastaanottoa tarkastettiin pintojen puhtaus. Pääurakoitsijan siivoojat olivat mukana tarkastuksessa, ja havaitut puutteet korjattiin heti. Puhtaustarkastuksissa olivat mukana myös valvoja ja pääurakoitsijan edustaja. Iv-asennusalueille tehtiin puhtauskatselmukset.

Puhtaudenhallinnassa oli käytössä sanktiomenettely, mutta sitä ei jouduttu käyttämään. Sanktiopelko tulee myös sivu-urakoitsijoille, mikä auttaa koko työmaan onnistumisessa.

3.6 Miten P1 vaikuttaa kustannuksiin?

Urakoitsijan on huomioitava puhtaudenhallinta tarjouslaskennassa. Tilaajalle tulee kustannus puhtaudenhallinnan konsultin palkkiosta, mutta se säästää tilaajan omia resursseja. Säästö tulee esimerkiksi työmaan hyvästä järjestyksestä.

3.7 Miten puhtaudenhallinnan jatkuminen varmistetaan muuttovaiheessa?

Irtaimistotoimitukset alkavat tilojen vastaanoton jälkeen. Esimerkiksi seinäkaappien asennusta valvotaan, jotta pölynpoistovälineitä käytetään. Toimintavarustelua täytyy valvoa. Irtokalustetoimituksissa pölynhallinta ei ole vielä onnistunut hyvin. Muuttovaiheen puhtaudenhallintaan ei käytetä konsulttia, koska se on päätetty tehdä rakennuttajan toimesta. Toimituksen aloituspalaverissa käydään läpi lattioiden suojaukset, kohdepoistojen käyttö ja muu pölyntorjunta. Tavaroiden toimittajat käyttävät toimituksissaan alihankkijoita, eikä tieto ei aina mene heille asti.

4. Puhtaudenhallinnan osaaminen

4.1 Miten pääurakoitsijan tulee osoittaa puhtaudenhallinnan osaaminen urakan hankinnassa?

Urakoitsijalle ei ole ollut vaateita puhtaudenhallinnan osaamisesta. Puhtaudenhallintasuunnitelma on asiakirjojen pätevyysjärjestyksessä korkealla. Se on urakkarajaliitteen liiteasiakirja.

4.2 Millaista puhtaudenhallinnan osaamista rakennusliikkeiden täytyy kehittää?

Puhtaudenhallinnan osaaminen ei ole vaikeaa, se on enemmän tahdon asia. Vastaavalla työnjohtajalla tulee olla halu hoitaa työmaa kunnolla myös puhtaudenhallinnan osalta.

4.3 Millaista puhtaudenhallinnan osaamista rakennuttajien täytyy kehittää?

Sairaalamaailmassa P1-rakentaminen on otettu huomioon. Tilaajia koulutetaan P1-rakentamisesta. Asuinrakentamisessa toimivien rakennuttajien osaamisesta ei ole tietoa.

5. Kosteudenhallinta ja sisäilma

5.1 Onko korjattavassa kohteessa tehty sisäilmatutkimuksia?

Henkilökunnalle oli tehty kyselyitä kymmenen vuoden ajan. Korjauskohteesta teetettiin sisäilmatutkimus, vaikka korjauspäätös oli tehty. Tutkimus ei vaikuttanut korjausasteeseen.

5.2 Oliko korjattavassa kohteessa sisäilmaongelmia tai mikrobivaurioita?

Korjaustyömaan fysiatrian osasto oli mikrobivaurioitunut. Koko maanvarainen lattia oli mikrobivaurioitunut. Fysiatrian osaston sisäilmaongelmat vaikuttivat korjauspäätökseen. Sisäpihan liikuntasaumasta oli tihkunut vettä palkin väliin.

5.3 Miten varmistettiin, että kohteeseen ei tulisi kosteudesta aiheutuvia sisäilmahaittoja?

Aiemmin maanvarainen lattia oli ollut suurin ongelma. Alapohjat purettiin pois ja alapohjaan tehtiin 60 cm:n paksuinen massanvaihto. Alapohjaan asennettiin radonputkistot. Märkätilojen seinät ovat kiviaineisia ja vesieristettyjä. Kuivumisaikoja valvottiin. Maanvaraisia laattoja kuivatettiin ohjearvoja enemmän. Tasoitepintoja täytyi kuivattaa riittävästi.

6. Muita huomioita puhdasrakentamisesta?

Korjaustyömaalla yksi ulkoseinä siirrettiin. Tehtyä suojaseinäs suunnitelmaa ei pystytty toteuttamaan, mutta se korvattiin olemassa olevien seinien huolellisilla tiivistyksillä sekä yhdelle käytössä olevalla käytävälle tehdyllä ylipaineistetulla suojaseinällä. Työmaata ei saatu työmaan aukkojen takia alipaineiseksi toiminnassa oleviin tiloihin nähden, mutta tiivistäminen onnistui hyvin.

P1-rakentamisesta pidettiin kaksi koulutustilaisuutta koko työmaahenkilöstölle.

Sirkkelöinti- ja puunkäsittelykohteet, kipsilevyn leikkaaminen ja vastaavat työt tapahtuvat omilla paikoillaan. Pölyäviä työvaiheita on, mutta ne ovat hallinnassa. Tupakoinnille on osoitettu oma paikka ulkona.

Sairaalan henkilökunta pääsi tutustumaan työmaahan. Käyttäjät yllättyivät työmaan siis-
teydestä. Käyttöönottovaiheessa sisäilma on puhtaimmillaan. Peruskorjaustyömaan puhtaustarkastuksista tehtiin yhteenveto, jonka mukaan työmaa on TPA Andersson Oy:n yli kymmenen vuoden aikana mittaamista työmaista puhtain.

LIITE D: HAASTATTELU 4

Haastattelu 29.12.2015

Haastateltava: Vastaava mestari, laajennusosa

Päijät-Hämeen keskussairaalan rakennusvaihe 6

1. Työmaan perustiedot

1.1 Millaiset lähtökohdat puhdasrakentamiselle?

Rakennuttaja määrittä edellytykset P1-puhtausluokasta. Puhtaudenhallintasuunnitelma saatiin TPA Anderssonilta.

1.2 Millainen työnjako puhtaudenhallinnassa oli?

Alussa yksi työnjohtajista perehtyi puhtaudenhallintaan muiden tehtävien ohella. Hän huolehti P1-puhtautason saavuttamisesta ja sen ylläpidosta. Työnjohtajan siirryttyä toiselle työmaalle, vastaava mestari ja toinen työnjohtaja huolehtivat yhdessä puhtaudenhallinnasta. On parempi, että yksi henkilö keskittyy puhtaudenhallintaan, resurssien ohjauksen kannalta. Jos muu työnjohto havaitsee puutteita, heidän tulee myös huolehtia niiden kuntoon saattamisesta. Vastaava mestari kävi puhtausasiat läpi työvaiheiden aloituspalaverissa sekä urakoitsijakokouksissa. Palaverissa käytiin läpi vaatimustaso ja sen huomioiminen päivittäisessä työskentelyssä.

2. Puhtaudenhallinnan suunnittelu

2.1 Mistä saatiin tietoa puhdasrakentamisesta?

Rakennuttajalta saatiin TPA Anderssonin laatima puhtaudenhallintaohje. Siinä oli tieto, kuinka huomioida puhtaudenhallinta työvaiheissa ja aikatauluissa. Pääurakoitsijalla oli vastuu päättää, millaisissa alueissa ja millä menetelmillä puhtaudenhallinta toteutetaan.

Rakennuttajan toimesta järjestettiin kaksi koulutusta, jotka olivat puhtaudenhallinnasta ja puhtaudenhallinta ennen toimintakokeiden alkua. Puhdastiloista pidettiin vielä oma infotilaisuus.

2.2 Millaista tietoa on vaikea saada?

Pääurakoitsijan ei juuri tarvinnut etsiä tietoa, koska se oli valmiina rakennuttajan laatimissa asiakirjoissa.

2.3 Miten puhtaudenhallinta suunniteltiin ja ketkä siihen osallistuivat?

Vastaava mestari teki kerroskohtaisen puhtaudenhallintasuunnitelman, johon kuului työmaakohtainen lohkojako ja osastointisuunnitelma.

2.4 Millaisia suunnitelmia tehtiin?

Kiinteistöä koskevia suunnitelmia ovat lohkojaot ja osastointisuunnitelma. Valittiin menetelmät, joilla saavutetaan haluttu puhtaustaso. Suunnitelmia piirrettiin pohjakuvien päälle. Esimerkiksi pohjakuvissa esitettiin lohkojaot, paineistajien paikat, umpeen laitettavat aukot ja kulkureitit.

Suunnitelmat tehdään ennen P1-alueen käyttöönottoa ja työvaihekohtaiset menetelmät mietitään ennakkoon. Rakennuttaja ei juuri kommentoinut vastaavan mestarin laatimia suunnitelmia. Rakennuttaja kuitenkin valvoo suunnitelmien noudattamista.

3. Pölynhallinnan menetelmät ja kalusto

3.1 Mitä menetelmiä puhtaudenhallinnassa käytettiin?

Menetelmiä olivat osastointi, kohdepoistolla varustettujen työkalujen käyttö ja päivittäinen puhtauden ylläpito eli siivous. Tilat ylipaineistettiin, ennen kuin P1-puhtausluokka otettiin käyttöön. Erillisiä ilmanpuhdistajia ei käytetty, mutta ilmaa puhdistettiin paineistuksien yhteydessä. Työntekijöitä valistettiin puhtaudenhallinnasta. Työmaan oviin kiinnitettiin tiedotteita. Saneerattavat tilat osastointiin ja alipaineistettiin.

Paineistajien kautta kulkevat ilmamäärät mitoitettiin kokemuksella ja aistinvaraisesti, mutta paine-ero olisi pystytty mittaamaan. Mittausta ei vaadittu.

3.2 Millaista kalustoa puhtaudenhallinnassa käytettiin?

Vastaus edellisessä kysymyksessä.

3.3 Miten osastoinnit jaettiin ja toteutettiin?

Osastoinnit jaettiin kerroksen toimintaosastoittain. Esimerkiksi K1-kerroksessa jako oli obduktio-osasto, kappeli, lääkkeiden käsittelytila ja korkeavarasto. 1K-kerroksessa oli puhdastilat, apteekin toimistotilat, 2 K-kerroksessa puhdastilojen huoltotilat. 3K-kerroksessa oli IV-konehuone. Osastointien koko vaihteli. Isoimmat osastot olivat hieman liian isoja, mutta niitä hallittiin voimakkaammalla ylipaineistuksella. Työmaalla ei ollut tarvetta isoille väliaikaisille osastoille seinille. Osaston rajoina olivat valmiit seinät. Osastorajojen oviaukkoihin tehtiin väliaikaiset seinät ja niihin sulkimella varustetut kulkuovet. Väliseininä käytettiin muovikalvosta rakennettuja seiniä ja joissain tapauksissa kipsilevyseiniä. Ovina olivat väliaikaiset ovet laahuksilla. Osastojen yhteyteen ei tarvinnut tehdä sulkuiloja.

Töiden edetessä piti lopulliset ovet asentaa paikoilleen. Isoissa ovissa ovet kiilattiin auki asentoon ja aukkoon tehtiin uudelleen väliaikainen kulkuovi ja osastointi.

3.4 Miten pölyntorjuntakalustoa huollettiin?

Paineistajien suodattimia puhdistettiin ja vaihdettiin. Puhaltimien letkuja uusittiin. Imureita ja paineistajia käytettiin huolloissa. Työnjohtajat, siivoojat ja rakennusmiehet huolehtivat suodattimien vaihdosta ja puhdistamisesta.

4. Puhtausluokka P1

4.1 Milloin puhtausluokkaa P1 käytettiin?

P1-puhtausluokka otettiin käyttöön ensimmäisen kerran huhtikuussa 2015 puhdistilassa. P1 otettiin lopullisesti käyttöön ennen IV-kanava-asennusten alkamista. P1-puhtausluokkaa ei otettu pois käytöstä kanava-asennusten jälkeen, jotta puhtaustaso säilyisi.

4.2 Miten P1 vaikutti rakentamiseen?

Tilat pysyivät siistimmässä kunnossa. Ilman laatu parani huomattavasti. P1 rajoitti jonkin verran työmaaliikennettä.

4.3 P1:n hyödyt ja haitat kohteessa?

P1 vaikutti ainakin osalla työntekijöistä asenteeseen positiivisesti. Työympäristön puhtaus tuo mielekkyyttä työskentelyyn ja tilat pysyvät kunnossa. Haittapuolia ei havaittu.

4.4 Haastavimmat puhtaudenhallintaan liittyvät toimenpiteet?

Ehdottomasti työntekijöiden ennakoluulot ja P1 vaatimusten tiedostaminen. Asenne muutoksen aikaansaaminen oli haastavinta. P1 nähdään mörkönä, vaikka se on pelkästään hyvä asia. Osastoinnissa järkevien kokonaisuuksien hallinnassa on haasteita, ei saa olla liian isoja alueita.

4.5 Miten puhtaudenhallintaa mitattiin ja valvottiin?

Rakennuttajan toimesta tehtiin kerran kahdessa viikossa puhtauden arviointi, jonka suoritti TPA Andersson. Arviointi tehtiin työmaakierroksella tehtyjen havaintojen perusteella. Tulos annettiin prosentteina. Päivittäinen valvonta tapahtuu työnjohdon ja valvojien toimesta. Geeliteippimenetelmää käytetään käyttöönottovaiheessa.

Asiakirjoissa on asetettu tavoitetaso puhtaudelle. Jokainen mittaustulos on täyttänyt tavoitteen. Mittausten keskiarvo on noin 97,5 %. Mittauksissa on hieman vaihtelua mittauksen mukaan.

4.6 Miten P1 vaikuttaa kustannuksiin?

Ei merkittävää kustannusvaikutusta, koska käytössä on oma kalusto. P1-puhtausluokka työllistää yhden siivoojan lisää. Kuukausitasolla kustannus on tällä työmaalla (4400 m²) noin 5000 €, mikä perustuu ylläpitosiivoukseen. Tällä hetkellä työmaalla on neljä siivoojaa toimintakoevalmiussivousten takia. IV-tekniikassa on paljon puhtaanapitoa. Alussa työmaalla oli yksi siivooja.

4.7 Apteekin puhdastilojen erityispiirteet?

Puhdastila on sytostaattilääkkeiden valmistamiseen tarkoitettu tila. Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus Fimea antaa luvan, kun olosuhteet soveltuvat lääkkeiden valmistamiseen. Puhtaus ylläpidetään paine-eroilla. Ilma vaihtuu noin 60 kertaa tunnissa. Suuntaa antavasti voidaan sanoa, että litrassa ilmaa saa olla enintään 350 partikkelia eli pölyhiukkasta. Tavallisessa huoneilmassa voi olla kymmeniä tuhansia partikkeleita litrassa. Puhdastilan seinät ja katto ovat pelti-uretaani-pelti -elementtejä. Lattiapintana on muovimatto.

P1-puhtausluokan osalta mikään ei muutu puhdastilassa. Puhdastilojen oltava tiiviit, ja ne tarkastetaan vuototestauksin. Läpivientien on oltava tiiviit. Materiaalien ja varusteiden, kuten hanojen, on oltava helposti puhdistettavia. Likaa kerääviä saumoja ei saa olla, joten kaikki saumat on kitattava. Paine-erot eri tiloihin nähden ovat selkeät, ja ilma vaihtuu tiheään käytön aikana. Tuloilman tulee huuhdella koko tila, jotta epäpuhtaudet saadaan poistettua. Puhdastilaan tulevien materiaalien on oltava suojattuja ja tilaan soveltuvia. Puhdastiloissa varastointi on kielletty. Työvaatteiden on oltava puhtaat.

5. Työskentely

5.1 Miten pääurakoitsija ohjaa omia työntekijöitä?

Omia työntekijöitä ohjataan aikataulupalavereissa, joissa käsitellään työvaiheita ja puhtaudenvalvontaraportteja.

Pölynhallintaa ohjataan päivittäisellä kanssakäymisellä työmaalla. Pääurakoitsijalla on päävastuu puhtaudenhallinnan noudattamisesta.

5.2 Miten pääurakoitsija ohjaa aliurakoitsijoita?

Aliurakoitsijoita ohjataan urakoiden aloituspalavereissa ja perehdytysten yhteydessä.

5.3 Miten pääurakoitsija ohjaa sivu-urakoitsijoita?

Sivu-urakoitsijoiden on noudatettava pääurakoitsijan ohjeita, mutta rakennuttaja voi sanktioida heitä. Sivurakoitsijat ovat sopimussuhteessa rakennuttajan kanssa, mutta heidät on alistettu pääurakoitsijalle.

Sivu-urakoitsijoita ja aliurakoitsijoita ohjataan urakoitsijakokouksissa ja aikataulupalaverissa.

5.4 Mitä opittiin?

Epäkohtiin on puututtava jyrkästi, mutta kuitenkin rakentavasti. Asiat on käsiteltävä asioina ja epäkohdat korjattava välittömästi.

5.5 mitä olisi voitu tehdä toisin?

Aco-asennus aiheuttaa sotkua, vaikka työmaa ei ollutkaan vielä P1-puhtausluokassa. Alkuperäisissä suunnitelmissa väliseinämateriaalina oli kahi-harkot, joiden asennus tuottaa vähemmän likaa. Aco-väliseinät valittiin niiden nopeamman asennuksen takia. Rakennevaihtoehtojen on hyvä arvioida tarkemmin.

6. Kosteudenhallinta ja sisäilma

6.1 Onko tehty sisäilmatutkimuksia?

Ei ole tehty sisäilmatutkimuksia, tai ainakaan pääurakoitsijalla ei ole tietoa niistä. Korjattavat tilat ovat lähinnä teknisiä tiloja.

6.2 Oliko korjattavassa kohteessa sisäilmaongelmia tai mikrobivaurioita?

—

6.3 Miten varmistettiin, että kohteeseen ei tulisi kosteudesta aiheutuvia sisäilmahaittoja?

Rakennekosteuksia on seurattu ja seurataan edelleen. Paineistuksen avulla ilma saadaan vaihtumaan, eikä kosteutta pääse kerääntymään. Työmaan sisäilman lämpötilaa ja kosteutta ei ole erikseen seurattu, mitta ne mitataan rakennekosteusmittauksen yhteydessä.

Vanha osa kytketään osittain uusiin koneisiin. Osaan tulee omat koneet. Jos olisi sisäilmaongelma, ovista voisi levitä huonoa sisäilmaa.

Onteloihin porattiin uudet vedenpoistoreiät, ja yläpohjan rakennekosteuksia mitataan. Joissain kohdissa yläpohjaa on vielä kuivatuksia käynnissä. Rakennus oli muodoltaan hankala, mikä toi haastetta sääsuojaukseen. Kosteusongelmat pystyttäisiin välttämään, jos runko ja vesikatto olisi mahdollista tehdä valmiiksi ennen sisävalmistustöiden aloittamista.

7. Muita huomioita puhdasrakentamisesta?

Puhtaudenhallinnan osaaminen on vielä alkuvaiheessa. Työntekijätasolla puhtaudenhallinnan osaaminen olisi kouluarvosanoilla 6, työnjohtotasolla taas 8. Rakennuttajatasolla

puhtaudenhallinta osataan teoriassa hyvin, mutta käytännön hallinnassa on vielä kehitettävää.

Paineistaminen kannattaisi ottaa käyttöön mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, eli kun rakennuksen vaippa on ummessa. Se edistää rakenteiden kuivumista ja työviihtymistä.

Ilmastointiasennuksen alkaessa on tehty P1-pöytäkirjoja. Mukana ovat valvojat, pääura-koitsija ja iv-asentaja.

LIITE E: HAASTATTELU 5

Haastattelu 13.11.2015, 17.2.2016

Haastateltava: Vastaava mestari, perusparannus

Päijät-Hämeen keskussairaalan rakennusvaihe 6

1. Työmaan perustiedot

1.1 Millaiset lähtökohdat puhdasrakentamiselle?

Tilaaaja oli laatinut alustavan puhtaudenhallintasuunnitelman työmaalle. Toimiva sairaala oli pidettävä erossa työmaasta. Kohteeseen oli tehty suojaseiniä, joista osa oli työmaan puolella. Työmaan puolella olleet suojaseinät eivät purkutöiden takia olisi toimineet, joten suunnitelmia muutettiin. Vanhat reunatoimistot muutettiin suojaseiniksi ja purku aloitettiin keskeltä.

Käytössä oleva sairaala rakennustyyppinä haastava puhdasrakentamiselle. Puhtausluokka P1 määrittelee lähtötason.

Toimivan sairaalan iv-konehuoneiden ilmanottoaukot imivät työmaalta pakokaasua sairaalaan. Sairaalassa on keskeytetty leikkaus työmaalla olleen auton takia. Tuulensuunnat jouduttiin huomioimaan. Etelätuuli oli rakentamisen kannalta hyvä, mutta pohjoistuuli kuljetti pakokaasun sairaalaan.

Purkutyö täytyi tehdä puhtausluokka P1:n periaatteita noudattaen. Tiilisienien purku aiheuttaa pölyämistä. Polttomootorilaitteiden käyttö sisätiloissa oli kielletty, koska pakokaasu menisi ilmavuotojen kautta käytössä oleviin tiloihin. Tämä vaikutti sisällä purkamiseen ja kaivamiseen. Nestekaasukäyttöiset koneet olivat sallittu. Rakennukseen asennettiin häikäilmaisimet, ja ne hälyttivät. Tällöin nestekaasukäyttöisistä koneista luovuttiin. Käyttöön otettiin polttomootoreilla toimivat koneet, joiden pakoputken päihin asennettiin suodattimet. Suodattimia jouduttiin vaihtamaan noin kahden viikon välein, mutta ne olivat erittäin tehokkaita.

Melu ja runkoäänet rajoittivat rakentamista. Työajaksi oli aluksi määrätty kello 7–16. Tähän neuvoteltiin lisää vapauksia, jotta rakennus saataisiin valmiiksi ajallaan. Vuodeosasto oli työmaan yläpuolella ja kuulotutkimus työmaan vieressä.

Päijät-Hämeen sosiaali- ja terveysyhtymällä oli oma rakennuttajaorganisaatio, eli tilaaja ja rakennuttaja ovat sama taho. Tämä oli jossain asioissa hyvä ja jossain asioissa ei niin hyvä.

Yleisaikataulun oli oltava valmis 2 vk urakan allekirjoituksesta. Tämä oli mahdoton toteuttaa luotettavasti, koska pölynhallintaa ei ole saatu suunniteltua kunnolla. Lohkoaikataulu piti ja palveli koko rakennusajan.

1.2 Millainen työnjako puhtaudenhallinnassa oli?

Yksi työnjohtajista hoiti puhtaudenhallinnan, vastaava mestari oli välillä mukana puhtaustarkastuksissa. Puhtaustarkastukset ovat tilaajan asettamia, joten omien etujen vuoksi pääurakoitsijan edustaja oli mukana tarkastuksissa. Oman edustajan tulee olla paikalla tarkastuksessa kuulemassa, näkemässä ja kokemassa. On hyvä asia, että puhtaudenhallinta on yhden työnjohtajan vastuulla. Tällöin siihen tulee ulottuvuutta.

Puhtaustarkastuksissa on urakoitsijoiden edustajia mukana. Tarkastuskierrokselta otettiin valokuvia, ja puutteet katsottiin urakoitsijakohtaisesti. Urakoitsijakohtaiset puutteet on merkitty raporttiin. Raportissa ilmoitetaan, mikä urakoitsija vaikutti omalla toiminnallaan eniten prosenttien laskuun. Virheet laskevat tuloksen 100 %:sta esimerkiksi 95 %:iin. Eniten toiminnallaan prosenttien laskuun vaikuttanut urakoitsija tarjoaa munkkikahvit urakoitsijakokouksessa, ja saa kokouksen alussa osakseen ”yleistä halveksuntaa”. Kun mittaustulos saavutti 97–98 %:a, ketään ei enää ”rankaistu”. Puhtaudenhallintaa pidettiin niin tärkeänä, että näitä toimia pidettiin yllä. Ne olivat tehokas motivaatio. Yritimme varmistaa, että jokainen huolehtii oman mestansa kuntoon.

Rakennusliike hankki muille urakoitsijoille omaa pölyntorjuntakalustoa, kuten roska-astioita, rikkalapioita ja lastoja. Työmaan päätyttyä urakoitsijat ottivat välineet mukaansa ja käyttivät niitä sairaalan uudisrakennuksen puolella, mikä on hyvä asia. Pienellä kustannuksella tavoiteltiin suurempaa hyötyä ja hyvää fiilistä. Avoimet metalliset astiat vaihdettiin työmaan edetessä pienempiin kannellinen astioihin, koska kannellinen astia vähentää pölyämistä.

Tilaaja valvoo puhdasrakentamista ja rakennusliikettä, oikeastaan kaikki valvovat toisiaan. Valvojat tarkkailevat puhtautta ja antavat palautetta.

2. Puhtaudenhallinnan suunnittelu

2.1 Mistä saatiin tietoa puhdasrakentamisesta?

TPA Andersson Oy piti kaksi erittäin hyvää koulutusta, ja uudisrakennuspuolella yhden lisää. Koko työmaahenkilöstö koulutettiin. Koulutus oli yhteinen laajennustyömaan kanssa.

Puhtaudenhallinta on tärkeä, joten tilaaja vaatii koulutusta ja maksaa siitä. Tällä tilaaja osoittaa olevansa oikeasti kiinnostunut puhtaudenhallinnasta. Konsultti tekee osittain työnjohdon työtä koulutusten avulla, koska aiemmin puhtaudenhallinnan vaatiminen on

ollut työnjohdon tehtävä. Systemaattinen tarkastus kahden viikon välein motivoi tehostamaan puhtaudenhallintaa muutamia päiviä ennen tarkastuksia. Oli hyvä, että vaatimusten lisäksi oli käytössä menetelmiä.

2.2 Millaista tietoa on vaikea saada?

Tietoa ei ole vaikea saada, koska TPA Andersson oli laatinut puhtaudenhallintasuunnitelman. Käytettävistä koneista ja laitteista täytyy etsiä itse tietoa, mutta tieto oli hankittu aiemmista kohteista. Laitteet ja järjestelmät kehittyvät, joten tietoja täytyy päivittää.

2.3 Miten puhtaudenhallinta suunniteltiin ja ketkä siihen osallistuivat?

Puhtaudenhallintaa ja aikatauluja suunniteltiin viikkoja. Huolellinen suunnittelu on tärkeää. Pääurakoitsijan mukana suunnittelussa olivat iv-, sähkö- ja putkiurakoitsija. Aikataulu laadittiin lohkolle, koska liian isojen kokonaisuuksien miettiminen ei ole hyvä asia. Lohkosta tehdään oma työmaa, ja miehiä siirretään lohkolta toiselle. Pieni lohko antaa heti käsityksen lohkon aikataulun pitämisestä ja tarvittavista parannustoimenpiteistä.

Ensin tehdään lattiat, jotta voidaan rakentaa seinät eli tilat. Alakatosta tehtiin malliasennus todella aikaisin, jotta tilavaraukset saatiin selville. Tekniikka-asennuksia valmistellessa jokainen urakoitsija piirsi tilavarauksensa jokaisiin koppiin, jonka jälkeen pidettiin risteilypalaveri. Seuraavaksi tehtiin kaikki tarvittavat reiät tilaan. Jälkikäteen tehdyt reiät maksaa kyseinen urakoitsija. Kohteessa jouduttiin tekemään vain muutama reikä jälkikäteen. Seinien on oltava tasoitettu ja pohjamaalattu ennen tekniikka-asennuksia. Kun tila oli puhdistettu, holviin tehtiin pölynsidontakäsittely. Seuraavaksi tila luovutettiin iv-urakoitsijalle. Pääurakoitsija edellytti, että tila pysyy tekniikka-asennusten yhteydessä yhtä puhtaana kuin luovutushetkellä. Eri tekniikka-aloille osoitettiin omat varastointitilat sisätiloissa.

Kun yksi tekniikkatyyppi on asennettu, rakennusliike kittaa läpimenot. Sen jälkeen seuraava tekniikka-ala tekee omat asennuksensa. Tekniikkaa on monessa kerroksessa, joten kittaus on tehtävä ajoissa. Muuten tekniikka olisi tiellä. Yhteiskannatuksen avulla voidaan vähentää pölyä, koska tekniikka-asennusten yhteydessä ei tarvitse tehdä pölyäviä kiinnityksiä. Tämän jälkeen vaippa on ummessa, eikä ilma kierrä toiseen tilaan.

Varsinaista loppusiivousta ei tarvita, koska jo toimintakokeiden alkaessa puhtausvaatimus on kova.

Pääurakoitsija edellytti, että ennen toimintakokeiden alkua puhtaudenhallintakonsultti merkitsee pohjakuvaan P1-tarkastetut ja hyväksytyt tilat. Toimintakokeiden myöhästymiseen liittyy sanktio. Puhtaudenhallintakonsultin merkintöjen avulla pääurakoitsija var-

mistaa, että tila täyttää puhtausvaatimuksen ja rakennusliike on tehnyt osuutensa. Pääurakoitsijan tulee varmistaa, että hyväksytyt tilat pysyvät puhtaina. Toimintakokeet voidaan aloittaa, kun kaikki osaston tilat ovat tarkastettu ja kunnossa.

2.4 Millaisia suunnitelmia tehtiin?

Puhtaudenhallintakonsultti TPA Andersson laati kohteeseen P1-suunnitelman. Pääurakoitsija teki pölynhallinnasta suunnitelmat pohjapiirustusten päälle.

3. Pölynhallinnan menetelmät ja kalusto

3.1 Mitä menetelmiä puhtaudenhallinnassa käytettiin?

Osastoinnit ja tilojen väliset paine-erot eli paine-erojen hallinta. Ilmankierron avulla estetään pölyn siirtyminen. Koneissa ja laitteissa oli kohdepoistoja. Käytettiin kerääviä koneita ja imureita. Työmaalla oli maalauskoppi, mikä liittyy osastointiin. Materiaalisuojaukset liittyvät pölynhallintaan, koska puhdasrakentamisessa rakennetaan puhtaista materiaaleista. Jokaiselle urakoitsijalla annettiin oma tila, jossa tavaraa varastoidaan ja työestetään. Tila pidetään puhtaana. Pölyn määrää vähennettiin esimerkiksi leikkaamalla kipsilevyä sirkkelillä, jolloin pöly voidaan poistaa kohdepoistolla.

3.2 Millaista kalustoa käytettiin?

Ilmanpuhdistimia ja alipaineistajia. Ilmanpuhdistus ja alipaineistus onnistuvat samalla koneella. Roilutus- ja porakoneet varustettiin kohdepoistolla. Kanavapuhaltimilla ilmaa poistettiin suoraan ulkoilmaan. Niissä ei käytetä suodattimia kanavapuhaltimia alipaineistukseen. Maalarin kirahvi pölynpoistolla on tärkeä laite. Putkitöissä syntyy hitsauspölyä, kuonaa, metallipöly ja muita epäpuhtauksia. Heiltä ei vaadita erityisiä pölynpoistovälineitä, koska niitä ei ole saatavilla. Polttomootorikoneissa käytettiin pakokaasujen suodatusta. Puhdasrakentaminen on pölynmäärää. Vetoketjuovia ei käytetty.

3.3 Miten osastoinnit jaettiin ja toteutettiin?

Puhtaudenhallinnan osastointi ja osaston koko ovat erittäin tärkeitä etenkin iv-asennusten aikana. Osasto ei saa olla liian iso eikä liian pieni. Ilmanvaihtourakoitsija ei voi ottaa käyttöönsä koko työmaata, eikä vaihtaa osastoa puolen päivän jälkeen. Kulkureitit suunnitellaan niin, että osastojen läpi ei kuljeta. Osasto ei saa missään vaiheessa häiritä muuta työmaata. Osastolla työskentelyn sopiva kesto on 1–2 viikkoa. Aika ei saa olla pidempi, koska muuten mentäisiin vain ilmanvaihtourakoitsijan ehdoilla.

Työmaalla oli yhteensä 6 lohkoa, eli sydänkeskuksessa 4 lohkoa ja fysiatriassa 2 lohkoa. Lohkot ovat pinta-alaltaan 600–700 m². Yhden lohkon valmistumisaika oli 8 viikkoa. Saa-

tuaan työvaiheen valmiiksi, lv-asentajat siirtyivät seuraavalle lohkolle. Samalla he vapauttivat edellisen lohkon muille urakoitsijoille. Muiden urakoitsijoiden tehtyä työnsä iv-urakoitsijat palasivat takaisin lohkolle.

Rakennuksen uusia käytäviä käytettiin osastonrajoina. Rakennettaviin koppeihin pääsee vain käytävän kautta, joten se on luonnollinen osaston raja. Lohkon sisällä työt tehdään loppuun asti. Lohko on suunniteltava valmiiksi loppuun asti, ettei se häiritse muita lohkoja. Lohkossa on voitava tehdä pölyäviä töitä tai ei-pölyäviä työtä häiritsemättä muita.

Lohkot jaetaan osittain sähköjen mukaan, jotta valot saadaan lohkoittain käyttöön. Työmaan sähkökeskusalueen rajat tehdään lohkoikohtaisiksi, jotta lohko voidaan tehdä sujuvasti valmiiksi.

Sairaalan osastot toimivat sisäisesti, eli rakennettavalle alueelle ei ole sisäänkäyntiä. Lohkojen rakentamisessa käytettiin kolmea sisäänottoreikää tavaraille. Tästä syystä tehtiin kaksi apulohkoa.

Paloalueiden rajat ovat hyviä paikkoja osastoille. Työmaalle on periaatteessa sama, tehdäänkö pölykatko vai palokatko. Ilmanvaihdon kanavointi saadaan katkaistua palo-osaston kohdalla palopellillä, eli erillistä pölykatkoa ei tarvita.

Osastojen ovina käytettiin sähkökeskusten tuplaovia, jotta saatiin tavara kulkemaan ovista. Joihinkin paikkoihin laitettiin vain yksi ovi, jotta sitä ei käytettäisi tavarankuljetukseen.

Tilojen tiiveys on tärkeää, ettei käry ja muut epäpuhtaudet pääse käytössä oleviin tiloihin. Työmaata rajaavat osastoivat seinät kierrettiin läpi sairaalan puolelta, jotta mahdolliset pölyvuodot havaitaan ajoissa.

3.4 Miten pölyntorjuntakalustoa huollettiin?

Alipaineistajissa suodattimet vaihdetaan ja puhdistetaan. Alipaineistajissa on merkkivalot, jotka kertovat vaihtotarpeesta. Pölynimuriin suodattimia vaihdetaan. Puhdasrakentamisesta vastaava mestari huolsi ja huollatti koneet. Ulkopuolisia huoltoliikkeitä ei käytetty, vaan huollot tehtiin itse. Jokaisella täytyy olla henkilökohtaiset pölynpoistovälineet.

Pölynimuriin liitetty kone on keräävää konetta tehokkaampi. Vanha ilman pölynpoistoa oleva porakone vaatii imurin käytön takia kaksi työntekijää. Lopputulos on parempi, mutta kustannuksia tulee lisää.

4. Puhtausluokka P1

4.1 Milloin puhtausluokkaa P1 käytettiin?

Tilaaja määritteli P1:n alkamaan heti purkutyövaiheessa. P1 jatkui loppuun asti. Työmaa oli rakennuksen valmistumisen jälkeisen seurantamittauksen perusteella poikkeuksellisen puhdas.

4.2 Miten P1 vaikutti rakentamiseen?

Rakentamisesta sai P1:n avulla uuden muodon. Loppusiivous oli periaatteessa tehty sen aloitushetkellä. Työntekijät suhtautuivat P1:n hyvin. Kun työntekijä lähti pois työmaalta ja palasi takaisin, hän oli tyytyväinen puhtauteen. Puhtaus helpottaa työntekoa. Työskentelyolosuhteet ovat hyvät ja ilma on puhdasta. Työntekijät eivät altistu huonolle sisäilmalle. Puhtaus on osa työturvallisuutta. Rakennusala on ollut työntekijöiden terveydelle huono. On hyvä, jos puhtauden avulla voidaan edistää terveyttä.

Työntekijät arvostivat puhtautta, kun kävivät välissä huonommalla työmaalla. Ilman laatu on hyvä, henkilö ei altistu työssään. Pölyttömyys on osa turvallisuutta. Palaute oli positiivista, kun työmaalle palataan.

JOT eli juuri oikea-aikainen toimitus on tärkeää puhdasrakentamisessa. Työmaalle ei haalita ylimääräistä tavaraa. Vastaavasti tarpeettomasta tavarasta hankkiudutaan ajoissa eroon. Nämä liittyvät materiaalisuojaukseen.

4.3 P1:n hyödyt ja haitat kohteessa?

Hyvin hoidetulla P1:llä voidaan saada anteeksi muita virheitä. Huonosta puhdasrakentamisesta voi tulla riitaa. Jos puhdasrakentamisessa epäonnistutaan, koko kohde epäonnistuu. Puhdasrakentamisen nimissä on helpompi vaatia puhtautta työmaalla. Työntekijät saadaan helpommin siistimään omat jälkensä. Työturvallisuus on ottanut valtavan askeleen eteenpäin. Välillisiä hyötyjä tulee. P1:ssä ei havaittu haittapuolia.

4.4 Haastavimmat puhtaudenhallintaan liittyvät toimenpiteet?

Haastavinta on saada tieto puhtaudenhallinnasta uudelle työntekijälle. P1 liittäminen perehdytykseen riittävällä tarkkuudella on haastavaa. Työntekijä ei välttämättä tiedä, mitä P1 tarkoittaa käytännössä tai edes teoriassa. Puhtaudenhallinnan valvonnan pitää tapahtua koko työmaan ajan, ei pelkästään viimeisellä viikolla. Puhtaudenhallinta tulee aloittaa jo anturavaiheessa. Vaipan umpeuduttua ilmanpuhdistus on aloitettava heti. Siivoaminen on vaikeaa, jos sitä ei ole tehty ajoissa. Esimerkiksi korkeat alakatot ovat vaikeita puhdistaa jälkikäteen. Jotkin paikat ovat mahdottomia siivota, ellei pölyn kulkeutuminen ole estetty. Esimerkiksi ilmanvaihtokoneen alle päässyt pöly on vaikea siivota.

4.5 Miten puhtaudenhallintaa mitattiin ja valvottiin?

Kahden viikon välein tarkastus, mihin myös työmaa valmistautuu. Toimintakokeiden lähestyessä puhtaustarkastus on ankarampi, joten prosentit laskevat helpommin kuin kohteen alkupuolella.

4.6 Miten P1 vaikuttaa kustannuksiin?

P1:stä aiheutuvat suorat kustannukset ovat välillisempiä kustannussäästöjä pienemmät. Suorilla kustannuksilla tarkoitetaan koneiden ja laitteiden hankintaa. Välilliset kustannukset ovat puhtaudenhallinnan avulla saatavia säästöjä, joita saadaan esimerkiksi tapaturmien ja sairastumiskulujen vähentymisellä. P1 on kustannussäästö.

4.7 Miten puhtaudenhallinnan jatkuminen varmistetaan muuttovaiheessa?

Tilaaja huolehti puhtaudenhallinnasta muuttovaiheessa. Paketit puretaan ulkona, josta tavara kuljetetaan sisään. Rakennusliike ei ole vastuussa asiasta. Puhtaudenhallinta ei ollut muuttovaiheessa yhtä korkealla tasolla kuin rakennusvaiheessa. Tilaajan mukaan tilat eivät tule koskaan olemaan yhtä puhtaita kuin vastaanottovaiheessa. Tilaaja edellyttää pääurakoitsijalta puhtaudenhallintaa sopimussuhteen kautta. Tilaajan oma hankinta ei ole keskitettyä, joten puhtaudenhallinnasta huolehtiminen on vaikeampaa. Puhtaudenhallinta onnistuu sopimussuhteiden avulla.

5. Työskentely

5.1 Miten pääurakoitsija ohjaa omia työntekijöitä?

Omille työntekijöille hankitaan välineitä. Viikkopalaverikäytännöllä ja perehdytyksellä ohjataan kaikki työntekijöitä. Työntekijän sopimussuhde ei vaikuta, mutta omat työntekijät ”saavat kovempia rangaistuksia”. Vastaava työnjohtaja ohjaa työntekijöitä työnjohtajien avulla. Viesti välitetään työnjohtajien kautta.

5.2 Miten pääurakoitsija ohjaa aliurakoitsijoita?

Aliurakoitsijoita ohjataan sopimuksien kautta. Sopimuksilla vaaditaan oikeita välineitä ja laitteita. Sopimuksen teon ja perehdytyksen jälkeen ohjataan kuten muita.

5.3 Miten pääurakoitsija ohjaa sivu-urakoitsijoita?

Vaikuttamismuoto hieman paranee. Pääurakoitsija ei ole vaikuttanut sivu-urakoitsijoiden valintaan, eli sopimussuhdetta ei ole. Ohjaus tapahtuu rakennuttajan kautta ja palaverissa. Rakennuttajan velvollisuus on ohjeistaa sivu-urakoitsijoita. Pääurakoitsija ei voi ohjata sivu-urakoitsijoita mielensä mukaan, vaan mukaan tulevat työmaan asiakirjat. Työmaan turvallisuusliite antaa pelisäännöt, joita noudatetaan. Rakennuslupa tuo vastaavalle mestarille velvoitteet, joiden mukaan sivu-urakoitsijoita ohjataan.

5.4 Mitä opittiin?

Järjestys opittiin ryhmänä. Terveysasioita opittiin, mutta tulokset näkyvät myöhemmin.

5.5 Mitä olisi voitu tehdä toisin?

Lopputuloks oli erittäin hyvä. Kun asiat tehdään oikein, palaute on positiivista. Jos palautteen laatu laskisi, silloin täytyisi tehdä jotain toisin.

6. Kosteudenhallinta ja sisäilma

6.1 Onko korjattavassa kohteessa tehty sisäilmatutkimuksia?

Kohteeseen oli tehty sisäilmakartoitus, jonka perusteella määriteltiin tarvittavat toimenpiteet.

6.2 Oliko korjattavassa kohteessa sisäilmaongelmia tai mikrobivaurioita?

Kohteessa oli sisäilmaongelma. Sisäilmakorjaukseen on saatu valtion apua. Kohde tarkastetaan rakentamisen jälkeen, millä selvitetään sisäilmakorjauksen onnistuminen.

6.3 Miten varmistettiin, että kohteeseen ei tulisi kosteudesta aiheutuvia sisäilmahaittoja?

Kosteudenhallintasuunnitelmaa noudatettiin. Rakentamisen tuotoksesta ei aiheudu kosteushaittaa, mutta esimerkiksi mahdollisille käyttäjistä aiheutuville vesivahingoille ei voida mitään. Liimojen reagoitua pinnoitteiden kanssa ei pääse tapahtumaan. Tiivistykset tehtiin huolella. Tiiveysmittaukset tehtiin alapohjan osalta, mutta ilmatiiveyttä ei mitattu muualta.

Kantavat rakenteet olivat olemassa. Uusi kohde on helpompi tehdä tiiviiksi. Kaikkia yksityiskohtia ei ole mahdollista toteuttaa piirustusten mukaisesti. Tiiveystarkkailu tehtiin savukokeella. Merkkiainekoe olisi haastavampi. Merkkiainekoe olisi mahdotonta läpäistä saneerauskohteessa. Vanhoissa rakennuksissa on aina tiiveyteen ja vanhoihin rakenteisiin liittyvä sisäilmariski. Sisäpihan katot uusittiin. Sisäilmaongelmia torjuttiin vaihtamalla uusissa suunnitelmissa ollut lecasoraeriste betonikaatoon ja uravillaan.

7. Muita huomioita puhdasrakentamisesta?

Kun rakennuksen vaippa menee umpeen, kaikki pöly jää sisälle. Ilmanpuhdistusta käytetään 24 tuntia vuorokaudessa. Ilmanpuhdistajien avulla sisäilma puhdistuu tilasta noin kahdessa tunnissa.

Rakennuksen alusta asti loppuun pölynmäärää vähennetään systemaattisesti. Tähän sopii ilmanpuhdistus. Työmaa valitsee, milloin pölynpoisto aloitetaan. Paras aloitusaika on rakennuksen vaipan mennessä umpeen.

Puhdasrakentaminen ei onnistu kunnolla ilman rakennusliikkeen omaa työvoimaa, koska ulkopuolisella yrittäjällä ei saavuteta yhtä systemaattista puhtaudenhallintaa. Ulkopuolisen yrittäjän olisi oltava koko ajan paikalla, eli samalla tavoin kuin oman työntekijän. Rakennusliikkeelle oma työvoima on kohtuuhintaista puhtaudenhallinnassa. Ulkomaalaiset ovat pölyntorjunnassa suomalaisia edellä. Säännöllisen työajan jälkeen tehtävän siivouksen etu on, että paikalla ei ole sotkijoita. Aamulla töiden alkaessa työmaa on siisti.

Rakennuksen käyttöönoton jälkeen ei ole puhtaudenhallintasuunnitelmia, eli siisteystaso laskee luovutuksen jälkeen. Tilaajalle kuuluva irtokalusteiden vienti alentaa puhtaustasoa. Tilaajan tulisi kouluttaa puhtaudenhallintaa kalusteryhmälle samalla tavalla kuin rakentajille. Tilaaja vaatii pääurakoitsijalta korkeampaa puhtaustasoa kuin omilta alihankkijoiltaan.

Eniten pölyä tuottava työ on lattian hionta. Kävely nostaa pölyä lattioilta. Kun rakenteet saadaan nopeasti kuivaksi, saadaan mesta kuntoon taloteknisten asennusten alkuun mennessä. Talotekniikka on huomioitava koko ajan.

Puhtaudenhallinta näkyy joka paikassa. Puhtaudenhallintaa tulkitaan monella tavoin. Se on uusi asia, joten käytäntö ja rutiini puuttuvat vielä.

Vuodenaika vaikuttaa puhtaudenhallintaan. Talvella on helpompaa, koska ei ole siitepölyä eikä piha pölyä.

Lohkottaminen ja rajaaminen ovat tärkeitä. Pölykatkoseinän rakentamiseen tulee kiinnittää nykyistä enemmän huomiota. Vetoketjuovet eivät ole parhaita mahdollisia. 2–3 kuukauden ajaksi kannattaa tehdä jo levyseinä kittauksilla. Muovit vain väliaikaisiin rakenteisiin.

Vetoketjut tulee puhdistaa paineilmalla, jotta ne eivät jumitu ja vaurioidu. Vetoketjuovi vaatii huoltoa. Vetoketjujen puhdistus voitaisiin kirjata TR-kierroksen yhteydessä.

Puhdasrakentamisesta tulee tapa, kun siihen on totuttu.

P1 nimikkeenä tarkoittaa pölyn määrää. Jos pölyä on riittävän vähän, puhdasrakentaminen on toiminut. Pölymittauksissa ei selvitetä pölylähdettä.